

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів  
Назва теми

КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконав: студент IV курсу, група K12-19-2

  
Підпис

К.А.Куденчук  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

Т.М. Кисіль  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.М. Лисенко  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

  
Підпис

Т.О. Говорущенко  
Ініціали, прізвище

« 7 » червня 2023 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорушченко

“ 11 ” 01 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Куденчуку Кирилу Анатолійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів

Керівник проекту (роботи) Кисіль Т.М., к.ф.-м.н., доц.

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

Затверджена наказом ректора університету від 1.03.2023 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

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

Дослідження предметної області та постановка задачі

Система розпізнавання світлофорів

Реалізація та тестування програмно-технічного засобу

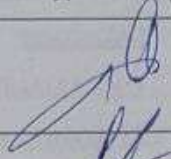



5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Логічна Блок-схема підсистеми комп'ютер

Логічна схема підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів

Логічна Блок-схема підсистеми комп'ютерного зору

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання « 01 » 03 2023 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**


№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	20.02.2022	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.03.2023	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	10.03.2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – Система розпізнавання світлофорів	20.04.2023	виконано
5	Робота над розділом 3 – Реалізація та тестування програмно-технічного засобу	30.04.2023	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	24.05.2023	виконано
7	Попередній захист ВКР	25.05.2023	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2023 року	

Студент

  
Підпис

К.А.Куденчук  
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис

Т.М. Кисіль  
Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів».

Автор роботи: Куденчук Кирил Анатолійович.

Керівник роботи: Кисіль Тетяна Миколаївна.

Пояснювальна записка: 57с., 30 рис., 10 табл., 4 дод., 30 джерел.

Графічна частина: 3 креслення .

ПІДСИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ СВІТЛОФОРІВ, МЕТОД ШАРЕТТА ,  
LARA, TUD-BRUSSELS.

Метою роботи полягає в розробці та впровадженні алгоритмів та технологій, які дозволяють автономним або напівавтономним автомобілям розпізнавати світлофори та правильно реагувати на їх сигнали.

У цій роботі розроблено алгоритми розпізнавання: Розробка ефективних алгоритмів комп'ютерного зору та обробки зображень, які зможуть розпізнавати світлофори на дорозі. Ці алгоритми повинні бути надійними, швидкими та точними, здатними виявляти кольори світлофорів та їх стан (червоний, жовтий, зелений) з високою точністю навіть у різних умовах освітлення та перешкод. Розробка інтерфейсу та алгоритмів, які дозволяють підсистемі розпізнавання світлофорів взаємодіяти з системою управління автомобілем. Це включає прийняття рішень на основі виявлених сигналів світлофора, таких як зупинка, прискорення або гальмування, залежно від стану світлофора та положення автомобіля.







Підпис студента

Дата

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	4
ВСТУП.....	5
<b>1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ..</b>	<b>7</b>
1.1 Сучасний стан досліджень .....	7
1.2 Набори даних. ....	18
1.3 Цілі.....	20
1.4 Висновок .....	21
<b>2 СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ СВІТЛОФОРІВ .....</b>	<b>23</b>
2.1 Генерація кандидатів .....	23
2.2 Кольорові простори .....	23
2.3 Виявлення ламп світлофорів.....	24
2.4 Класифікація .....	31
2.5 Трекінг.....	38
2.6 Результати експерименту .....	40
2.7 Висновок .....	40
<b>3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ</b>	<b>43</b>
3.1 Автоматна модель ПЗ.....	43
3.2 LARA.....	44
3.3 TUD-Brussels.....	45
3.4 Спосіб передачі даних від світлофорного об'єкта .....	47
3.5 Спосіб отримання і опрацювання даних на транспортному засобі .....	51
3.6 Програмне забезпечення для системи відображення рекомендованого режиму руху транспортного засобу .....	54
3.7 Параметри, що реєструються .....	55

КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ							
Зм.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	Підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів. Пояснювальна записка		
Виконав		Кудачук К.А.					
Перевір.		Кисель Т.М.					57
Н.контр.		Лисенко С.М.			ХНУ, КІ-19-2		
Затвер.		Говорушченко Е.О.					

3.8	Результати системи .....	56
3.9	Висновок.....	60
<b>ВИСНОВКИ .....</b>		<b>62</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....</b>		<b>63</b>
Додаток А Логічні Блок-схема підсистеми комп'ютерного .....		67
Додаток Б Логічні схема підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів .....		68
Додаток В Логічна Блок-схема підсистеми комп'ютерного зору.....		69
Додаток Г Лістинг коду.....		70

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ADAS - це набір технологій у сфері автомобільної безпеки, які допомагають водіям управляти транспортним засобом та знижують ризики аварій.

ACC - адаптивний курсовий контроль.

LDWS - система попередження про виїзд зі своєї смуги руху.

BSD - виявлення сліпих зон.

ADAS - покращені системи допомоги водієві.

RGB - це модель кольорового простору (червоний, зелений, синій).

HSV - відтінок, насиченість, значення.

GPS - глобальна система позиціонування.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

В останні роки зростання використання автомобільного транспорту призвело до збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод. Однією з найважливіших причин серйозних аварій є водії, які проїжджають на червоний світло світлофора на перехрестях. Щоб зменшити кількість таких пригод, деякі уряди встановлюють відеокамери на перехрестях для моніторингу дороги та реєстрації автомобільних пригод. Ці системи дозволяють уряду покарати недисциплінованих водіїв та трактувати несвідомі аварії так само. Однак, цей підхід не надає інструментів для роботи з аваріями. Крім того, встановлення відеокамер на кожному перехресті великого міста становить значні витрати для урядів та не дає справжнього рішення самим аваріям.

Системи допомоги водію, або ADAS, є системами, призначеними для допомоги водієві під час водіння. Ці системи призначені для вбудовування в автомобілі, щоб дати водію підказки та одночасно виправляти деякі помилки водіння з метою уникнення аварій без надмірної втручаності водія. Існує багато прикладів таких систем: адаптивний курсовий контроль (ACC), система попередження про виїзд зі своєї смуги руху (LDWS), система уникнення зіткнення (CAS), система виявлення автомобілів, система виявлення дорожніх знаків та світлофорів, система виявлення "сліпих зон" (BSD) тощо.

У дипломній роботі займаємося проблемою розпізнавання світлофорів (TL), перш ніж оглянути поточні системи та публічні набори даних у цій галузі, та потім пропонуємо систему, яка вирішує деякі проблеми в інших системах. Зокрема, працюватимемо з підвісними та з ручкою підтримуваними світлофорами та розробимо систему, яка може розпізнавати їх вдень. Щодо виявлення, ми знаходимо зі вбудованих систем визнання транспорту на борту, які спрямовані на автоматичне виявлення світлофорів, щоб надати корисну інформацію водію, таку як ймовірність перехрестя або пішохідного переходу [1], небезпечна зона [2, 3] та інше, до високорівневого прийняття рішень ADAS.

Розпізнавання світлофора в смарт-автомобілях базується на поєднанні комп'ютерного зору, обробки зображень та штучного інтелекту. Завдяки

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

розширеному набору датчиків, таких як відеокамери, лідари, радары та інші, автомобіль отримує інформацію про світлофори у реальному часі. Ця інформація може використовуватись для взаємодії з системою керування автомобілем, такою як системи адаптивного круїз-контролю або системи попередження про зіткнення.

Основна мета підсистеми розпізнавання світлофора - забезпечити автомобілю здатність самостійно реагувати на сигнали світлофора і виконувати відповідні дії, наприклад, зупинити автомобіль при червоному світлі, розпізнавати стрілки або відновлювати рух при зеленому світлі. Це не тільки сприяє зручності та комфорту водіїв, але й може значно покращити безпеку на дорозі, допомагаючи запобігати аваріям та зменшувати випадки порушення правил дорожнього руху.

На сьогоднішній день дослідження у галузі підсистеми розпізнавання світлофора в смарт-автомобілях активно ведуться з метою покращення точності та надійності розпізнавання. Використання глибокого навчання та штучного інтелекту дозволяє створювати складні моделі, які можуть адаптуватися до різних умов і забезпечувати високу швидкість обробки даних. Також проводяться дослідження в області комбінації різних датчиків для отримання більш повної та достовірної інформації про світлофори.

Окрім того, важливо вирішити питання безпеки та захисту системи розпізнавання світлофора від можливих атак та впливу зовнішніх факторів. Це включає розробку захисних механізмів, аутентифікацію та шифрування даних, а також використання системи резервного копіювання для забезпечення безперебійної роботи в разі виникнення неполадок або вразливостей.

Дипломна розділена на наступні глави та розділи: у решті цієї глави аналізуємо стан мистецтва, аналізуємо існуючі набори даних та визначаємо наші основні цілі та запропоновані рішення для їх досягнення. У главі 2 ми проводимо якісне порівняння кожної фази системи з системами в стані мистецтва. Глава 3 представляє наш інструмент для маркування та запропоновану систему розпізнавання світлофорів, представляючи результати нашої запропонованої системи в двох різних наборах даних, порівняно з двома підходами стану мистецтва.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Сучасний стан досліджень

Тема розпізнавання світлофора не має великої літератури, як це відбувається з детектором пішоходів або транспорту. Щоб порівняти, встановлюємо після вичерпного огляду сучасних досягнень, що ці системи можуть бути розділені на три фази: 1) генерація кандидатів, що відповідає за сегментацію кандидатів на світлофори та фільтрацію виявлення світлофорів, 2) класифікація, яка займається розпізнаванням світлофора, і, 3) відстеження, фаза, присвячена слідуванню рухам раніше виявлених світлофорів. Для того, щоб мати хорошу оцінку стадії, проводимо аналіз наявних наборів даних зі світлофорними знаками.

Однією з основних проблем сучасних систем є визначення світлофорного знаку, конвенція Відня визначає стандарт для знаків світлофорів, але ця конвенція не стандартизує форму тіла та колір ламп. На рис. 1.1 можемо побачити, що існує багато можливих форм для тіла світлофора без стандартного визначення.



Рисунок 1.1 - Світлофори по всьому світу

Існують різні методи сегментації потенційних ламп світлофора. Однак, більшість останніх досліджень реалізують сегментацію кольору на даній стадії.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

Деякі автори [2, 4] використовують навчання в складі кольору ламп світлофора для сегментації кольору, робота, запропонована в [5], використовує ручне налаштування порогів, застосованих до каналів HSV, у [6, 3] зробили ту ж саму сегментацію, але використовували HSI замість HSV, [7] використовували YCbCr, [8, 9, 10, 11] RGB або нормалізований RGB, колірні простори. Є лише одна робота, яка не використовує сегментацію на основі кольору. Charette et al. [12] запропонували в 2009 році процес, який використовує тільки градації сірого кольору для вилучення областей яскравості зображення за допомогою морфологічного оператора Top-Hat (розширено у главі 2), але з тим нещодавність, що сегментація не знає колір можливих ламп світлофора.

Після етапу сегментації настає етап генерації кандидатів, на якому використовується проста евристична розуміння для видалення помилкових сигналів. Існує багато різних пропозицій, більшість з них використовують аналіз з'єднаних компонентів та фільтрацію забруднень на основі коефіцієнтів пропорційності, розміру, опуклості, площі, орієнтації, компактності та форми. Для багатьох з цих робіт цей етап також вважається процесом класифікації, тільки в декількох з них є окремий етап класифікації.

У процесі класифікації можемо знайти три різні підходи [6, 11, 2], які вивчають форму кандидата на світлофорі, використовуючи краї, після виявлення, щоб відрізнити круглі форми. У випадку Lu et al. [6], вони також пропонують алгоритм для класифікації світлофорів зі стрілками. У [7, 5] використовуються Хаарові ознаки та класифікатор Adaboost. Charette et al. [13] порівнюють цей тип рішень з запропонованим методом адаптивного шаблону (АТМ) [12], який складається з набору адгезивних класифікаторів, які враховують колір, виявлення тіла та стійки. У тій статті, після якісного аналізу виявлення обмежувальних рамок в наборі даних LARA, зроблено висновок, що він дає кращі результати, ніж попередні. У деяких статтях системи також включають метод відстеження після класифікації з метою вирішення помилок виявлення, спричинених деформаціями руху [2, 4, 10, 11], оскільки етап відстеження не постраждає від помилкової сегментації кольору та наслідних помилок у аналізі з'єднаних компонентів.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7

Метод відстеження, що використовується в [2, 4, 10, 11], полягає лише в фільтрі виявлення сталості, що підтверджує тільки світлофор, виявлений в послідовних кадрах. Кількість кадрів, необхідних для передбачення сталості виявлення, відрізняється від однієї до іншої статті. У [3] вони використовують метод відстеження, заснований на карті ваги існування (EWM), намагаючись боротися з вібрацією камери та спотворенням зображення. Вони роблять сітку в верхній частині зображення і додають ймовірності рухів різних світлофорів у наступних кадрах. Нарешті, [5] використовує алгоритм CAMSHIFT, заснований на Mean-Shift, бере попередньо виявлений світлофор і застосовує метод середнього зсуву, намагаючись знайти той же світлофор на поточному кадрі.

Уникаємо включення результатів точності в цю таблицю, оскільки майже всі пропозиції оцінюються на різних наборах даних, що робить статистику непорівнянною.

Крім того, деякі з цих робіт пропонують додаткові етапи після визнання світлофора, щоб стати частиною або безпілотної системи, або як частину системи допомоги водію (ADAS). У Fairfield et al. [1] створено систему, готову до роботи в реальній безпілотної системі, але інші, такі як [3, 8], використовують виявлення, щоб надати можливого водію відстань до світлофора та виконати сповіщення у відповідному випадку. У випадку [2] за допомогою політики пріоритету показується відповідна послідовність виявлення світлофорів.

Запропонували у 2011 році систему, здатну визнавати світлофори за допомогою kd-дерева та попередньої карти [1], використовуючи позицію GPS та вивчений колір, залежний від позиції GPS. Однак ці системи не є чисто камерними системами і не повністю орієнтовані на визнання світлофорів за допомогою камер. Ця система залежна від GPS і повинна бути попередньо навчена в усьому світі. Для порівняння нашого запропонованого методу з актуальним станом техніки вибрали статті Charette et al. 2009 [12] та Jianwei et al. 2010 [7]. Перша пропонує інший підхід до етапів сегментації та генерації кандидатів, та одночасно показує хорошу ефективність за допомогою АТМ як класифікатора. Друга стаття використовує простір кольорів YCbCr на етапі сегментації та Хаг-огляди, що використовуються в класифікаторі Adaboost.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

Можна помітити, що алгоритм, запропонований Charette et al. 2009 [12], дозволяє обчислення в реальному часі, оскільки використовує в основному відтінки сірого в більшості фаз і показує кращі результати, ніж класифікатор Adaboost з Haar-оглядами, показаний в [13]. Як вже зазначали раніше, ця стаття містить деякі цікаві речі для вивчення, оскільки вона єдиний документ, який використовує ці інструменти для виявлення світлофорів, тобто операцію Top-Nat та рост регіонів, що супроводжується набором ad-hoc класифікаторів. Вважаємо, що результати, отримані цими системами, можуть бути покращені, оскільки не існує процесу відстеження, а також не враховуються проблеми з камерами з низькою роздільною здатністю, які можуть спричинити помилкові виявлення на великих відстанях до світлофорів, деформації від руху та насичення кольору.

На сьогоднішній день дослідження в галузі підсистеми розпізнавання світлофора в смарт-автомобілях активно ведуться з метою поліпшення технологій розпізнавання та забезпечення високої точності та надійності. Деякі з останніх тенденцій і розвитку включають:

1. Глибоке навчання: Використання глибоких нейронних мереж із здатністю до самонавчання дозволяє отримати високу точність розпізнавання світлофорів. Дослідження спрямовані на створення більш ефективних та швидких моделей глибокого навчання, вдосконалення архітектур мереж та використання додаткових технік, таких як передобробка даних, аугментація та зменшення обчислювальних витрат.

2. Комбінація датчиків: Поєднання різних типів датчиків, таких як відеокамери, лідари, радары та ультразвукові датчики, дозволяє отримати більш повну та надійну інформацію про стан світлофорів. Дослідження в цій області спрямовані на оптимізацію функцій алгоритмів для поєднання даних з різних датчиків та врахування їх взаємодії.

3. Розпізнавання в реальному часі: Розвиток апаратних рішень та алгоритмів обробки даних дозволяє забезпечити розпізнавання світлофора в реальному часі з високою швидкістю. Дослідження спрямовані на оптимізацію алгоритмів розпізнавання та використання високопродуктивних апаратних пристроїв, таких як графічні прискорачі чи спеціалізовані чіпи, що дозволяють

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		9

прискорити обчислення і забезпечити миттєву відповідь системи на зміни стану світлофора.

4. Використання контекстуальної інформації: Дослідження спрямовані на використання додаткової інформації, наприклад, мап доріг, інформації про дорожні знаки або інші дорожні умови, для покращення розпізнавання світлофора. Інтеграція цих додаткових джерел даних дозволяє забезпечити більш повну та контекстуально обґрунтовану інформацію для системи розпізнавання.

5. Робота в умовах викликів та складних сценаріїв: Дослідження спрямовані на розв'язання проблем, пов'язаних з викликами для систем розпізнавання світлофора, такими як сильне затемнення, погана видимість, рухомий транспорт або різні типи світлофорів. Врахування цих викликів дозволяє створити більш надійні системи розпізнавання, які працюють ефективно навіть в складних умовах.

Ці дослідження покликані покращити безпеку та ефективність автоматизованих автомобілів, сприяючи точному розпізнаванню світлофора та адаптації до різних дорожніх умов. Велика увага приділяється розробці надійних, швидких та здатних до адаптації алгоритмів, які враховують різноманітність умов та забезпечують стабільну роботу підсистеми розпізнавання світлофора.

Для розпізнавання світлофорів у смарт-автомобілях використовуються різні методи та підходи. Ось декілька загальних методів, які застосовуються для цієї задачі:

Обробка зображень та комп'ютерний зір: Використання алгоритмів обробки зображень та комп'ютерного зору для виявлення та розпізнавання світлофорів на відеозображеннях. Цей підхід включає витягування ознак, сегментацію, класифікацію та відстеження об'єктів на зображенні.

Машинне навчання: Використання алгоритмів машинного навчання, таких як нейронні мережі, для автоматичного розпізнавання світлофорів. Моделі навчаються на великих наборах даних, що містять зображення світлофорів у різних станах, і використовуються для класифікації стану світлофора на основі вхідних зображень.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

Сенсори: Використання різних типів сенсорів, таких як відеокамери, лазерні сканери або радари, для збору даних про світлофори та їх стан. Сенсори можуть вимірювати різні параметри, такі як колір, форму, інтенсивність світла або інші характеристики, що дозволяють розпізнавати стан світлофорів.

Комбіновані підходи: Комбінація різних методів і підходів для досягнення більш точного та надійного розпізнавання світлофорів. Наприклад, можна поєднати обробку зображень з машинним навчанням або використовувати сенсори разом з алгоритмами комп'ютерного зору.

Для розпізнавання світлофорів у смарт-автомобілях можна використовувати такі методи та алгоритми машинного навчання:

1. Нейронні мережі: Використання глибоких нейронних мереж, таких як згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN), для розпізнавання світлофорів. Ці моделі можуть навчатись на великих наборах даних та автоматично витягувати ознаки зі зображень для класифікації стану світлофора.

2. Метод опорних векторів: Використання методу опорних векторів (Support Vector Machines, SVM) для розпізнавання світлофорів. SVM може використовуватись для навчання класифікатора, який розділяє дані світлофорів на різні категорії на основі ознак, отриманих з вхідних зображень.

3. Random Forest: Використання алгоритму Random Forest для розпізнавання світлофорів. Random Forest використовує ансамбль дерев рішень для класифікації даних. Кожне дерево рішень у Random Forest вирішує задачу класифікації, і результати з різних дерев об'єднуються для прийняття рішення.

Алгоритм методу Random Forest (випадковий ліс) включає наступні кроки:

Збір навчальних даних: Зібрати навчальний набір даних, який містить зразки з відомими мітками. У випадку розпізнавання світлофорів це можуть бути зображення світлофорів різних станів (червоний, жовтий, зелений).

Випадкове формування дерев рішень: Створити випадковим чином  $K$  дерев рішень (де  $K$  - кількість дерев, що буде використовуватись в ансамблі). Кожне дерево буде навчатись на підмножині даних, вибраної випадковим чином з навчального набору даних.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		11

Розбиття вузлів дерева: Для кожного дерева рішень, на кожному вузлі виконується розбиття, яке максимізує інформаційний приріст (наприклад, використовуючи критерій Джині або ентропію). Це розбиття виконується на основі певних ознак (наприклад, колір, текстура і т.д.), які допомагають розпізнавати стан світлофорів.

Побудова ансамблю: Зібрати всі дерева рішень в ансамбль, який утворює випадковий ліс.

Класифікація: Коли новий зразок даних потрапляє до моделі, кожне дерево в ансамблі класифікує його незалежно. Потім здійснюється голосування або підрахунок середнього значення, щоб визначити остаточне припущення ансамблю.

Кожне дерево випадкового лісу працює незалежно, а результати об'єднуються для прийняття рішення.

4. Гістограма орієнтованих градієнтів: Алгоритм HOG дозволяє витягувати важливі ознаки зі зображення, які характеризують форму та текстуру об'єктів. Ці ознаки можуть бути використані для класифікації та локалізації світлофорів на зображеннях з використанням різних алгоритмів машинного навчання. HOG аналізує градієнти яскравості в різних частинах зображення та створює вектор ознак, який потім може бути використаний для класифікації.

Основні кроки алгоритму HOG наступні:

Передобробка зображення: Зображення світлофора піддається передобробці для покращення якості та виділення різних деталей. Це може включати операції, такі як згладжування (наприклад, за допомогою фільтра Гаусса), нормалізацію або видалення шуму.

Розбиття зображення на клітинки: Зображення світлофора розбивається на невеликі прямокутні області, відомі як клітинки. Розмір і форма клітинок можуть бути вибрані залежно від конкретних потреб додатка.

Обчислення градієнтів: Для кожної клітинки обчислюються градієнти яскравості. Це виконується шляхом застосування фільтрів Собеля або інших методів для виявлення локальних змін яскравості в клітинці. Градієнти вказують на напрямок та силу зміни яскравості у цих областях.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

Створення гістограм орієнтованих градієнтів: Для кожної клітинки побудовано гістограму орієнтованих градієнтів, яка відображає розподіл градієнтів в клітинці за напрямками. Градієнти групуються в певні орієнтовані біни, і кількість градієнтів у кожному біні розраховується.

Формування ознакового вектора: Ознаковий вектор для всього зображення складається з гістограм орієнтованих градієнтів

Нормалізація ознак: Ознаковий вектор нормалізується для зменшення впливу різниць у яскравості та контрастності між зображеннями. Це допомагає зробити ознаки більш інваріантними до освітлення та забезпечити кращу роботу алгоритма в різних умовах освітлення.

Вектор класифікації: Ознаковий вектор використовується для класифікації стану світлофора. Це може включати використання класифікаторів, таких як метод опорних векторів (SVM) або нейронні мережі. Класифікатор навчається на навчальному наборі даних, що містить ознакові вектори світлофорів з відомими мітками станів.

Детекція та локалізація: Після класифікації модель може виявити та локалізувати світлофори на зображенні. Це може бути досягнуто за допомогою методів виявлення об'єктів, таких як використання порогового значення для ідентифікації областей з високою вірогідністю наявності світлофорів.

5. Ансамблі моделей: Використання ансамблів моделей, таких як методи градієнтного бустингу (Gradient Boosting) або злиття. Алгоритм методу Gradient Boosting (градієнтний бустинг) є ансамблевим методом машинного навчання, який покращує прогнозу здатність шляхом послідовного навчання слабких моделей на невеликих наборах даних та виправлення помилок попередніх моделей. Основні кроки алгоритму градієнтного бустингу такі:

Крок 1. Збір навчальних даних: Зібрати навчальний набір даних, який складається з прикладів з відомими мітками.

Крок 2. Ініціалізація моделі: Спочатку ініціалізується базова модель, яка може бути довільною моделлю, наприклад, рішенням деревом.

Крок 3. Побудова ансамблю: Додавання моделей до ансамблю виконується ітеративно. На кожній ітерації попередня модель навчається на даних, а потім

нова модель додається до ансамблю з метою виправлення помилок попередньої моделі.

Крок 4. Розрахунок помилки: Обчислення помилки ансамблю виконується шляхом порівняння прогнозів ансамблю зі справжніми мітками навчальних даних. Ця помилка використовується для визначення напрямку та величини корекції наступної моделі.

Крок 5. Оновлення моделі: Наступна модель навчається на виправленій версії цільових значень. Це означає, що модель спробує скоригувати помилки попередньої моделі.

Крок 6. Збільшення прогнозу: Прогноз ансамблю оновлюється шляхом додавання прогнозів нової моделі з попередніми прогнозами.

Крок 7. Повторення: Кроки 4-6 повторюються для кожної ітерації, доки не буде досягнуто задовільної точності

6. Локалізація та відстеження: Крім розпізнавання стану світлофора, важливо також встановити його місцезнаходження на дорозі та відстежувати його рух. Для цього можна використовувати методи локалізації, такі як використання GPS, датчиків руху або відеозаписів з багатьох камер. Відстеження світлофора зазвичай здійснюється за допомогою алгоритмів відстеження об'єктів, які аналізують його рух і зміну положення на відеозаписах.

7. Ф'южн даних: Для покращення точності розпізнавання світлофорів можна використовувати метод ф'южнування даних. Це означає комбінування інформації з різних датчиків і алгоритмів для отримання більш достовірного результату. Наприклад, дані від камер можуть бути поєднані з даними з лідарів або радарів для отримання більш повного зображення дорожньої ситуації.

8. Додаткові джерела інформації: Поміж методів розпізнавання світлофорів також можна використовувати інші додаткові джерела інформації. Наприклад, дані про стан світлофора можуть надаватися від місцевих дорожніх влад, що дозволяє отримувати оновлену і достовірну інформацію безпосередньо з джерела.

Метод Шаретта, або шаретний аналіз, є методом машинного навчання, який використовується для розпізнавання образів або класифікації даних. Цей метод названий на честь Клода Шаретта, французького інженера, який вперше його

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14

описав у 1991 році. Шаретт базується на понятті "візуальної близькості" між об'єктами. За допомогою цього методу можна класифікувати об'єкти на основі їх характеристик та схожості.

Процес розпізнавання методом Шаретта включає наступні кроки:

1. Вибір характеристик: спочатку необхідно вибрати характеристики або ознаки, які будуть використовуватись для класифікації. Ці характеристики можуть бути різного типу, наприклад, колір, форма, текстура тощо.

2. Створення таблиці близькості: потрібно побудувати таблицю, яка відображає відстань або близькість між об'єктами на основі їх характеристик. Це може бути таблиця відстаней, яка визначає евклідову відстань або інші метрики схожості.

3. Класифікація: на основі таблиці близькості проводиться класифікація нового об'єкта. Для цього об'єкт порівнюється з уже відомими об'єктами, і його класифікація залежить від його близькості до цих об'єктів.

Метод Шаретта може бути застосований в різних областях, таких як комп'ютерне зорове сприйняття, розпізнавання образів, біометрія, медична діагностика та інші. Він дозволяє ефективно розпізнавати та класифікувати об'єкти. Метод Шаретта може бути особливо корисним при вирішенні завдань, пов'язаних з класифікацією образів або розпізнаванням об'єктів на основі їх візуальних характеристик. Він знаходить застосування в багатьох галузях, включаючи:

1. Комп'ютерне зорове сприйняття: Метод Шаретта може бути використаний для автоматичного розпізнавання об'єктів на зображеннях або відео. Наприклад, його можна застосувати для класифікації автомобілів на дорозі, розпізнавання обличчя людей або виявлення дефектів на виробничих лініях.

2. Біометрія: Метод Шаретта може бути використаний для ідентифікації людей на основі їх візуальних характеристик, таких як відбитки пальців, риси обличчя або радужна оболонка ока.

3. Медична діагностика: В області медицини метод Шаретта може бути використаний для розпізнавання патологій на медичних зображеннях, таких як рентгенограми, комп'ютерні томограми (СТ) або зображення магнітного

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		15

резонансу (MRI). Наприклад, він може допомогти автоматично виявляти ознаки раку на зображеннях молочної залози або розпізнавати типи клітин на зображеннях мікроскопії.

4. Розпізнавання символів і написів: Метод Шаретта може бути використаний для автоматичного розпізнавання символів або написів на зображеннях або сканах. Наприклад, його можна використовувати для OCR (оптичного розпізнавання символів) у системах розпізнавання тексту.

Метод Шаретта може бути розширений та використовуватися для складніших задач розпізнавання, таких як розпізнавання динамічних об'єктів у відеопотоці або в реальному часі. Наприклад, його можна використовувати для виявлення рухомих об'єктів на відеозаписі або відстеження об'єктів у режимі реального часу. Крім того, метод Шаретта можна поєднувати з іншими алгоритмами машинного навчання, такими як нейронні мережі, щоб покращити точність та ефективність розпізнавання. Наприклад, можна використовувати нейронні мережі для витягування високорівневих ознак зображень, а потім застосовувати метод Шаретта для класифікації на основі цих ознак. Проте, варто відзначити, що метод Шаретта має свої обмеження. Він базується на припущенні про візуальну близькість об'єктів і може не давати оптимальних результатів у випадках, коли візуальна схожість не є достатньою для правильної класифікації. Крім того, метод може бути чутливим до зміни масштабу, освітлення або перспективи зображень.

Узагалі, метод Шаретта є одним із багатьох підходів до розпізнавання образів, і його використання залежить від конкретної задачі та доступних даних. Важливо добре зрозуміти його принципи та обмеження перед застосуванням. Метод Шаретта може бути корисним для підсистеми розпізнавання світлофорів у смарт-автомобілях. Основна мета такої підсистеми полягає в тому, щоб автомобіль міг визначити стан світлофора (червоне, жовте або зелене світло) та прийняти відповідне рішення (зупинитися, готуватися до руху або продовжувати рух).

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		16

## 1.2 Набори даних.

Існує тільки один доступний публічно датасет, запропонований Charette et al. у [12] (INRIA) під назвою LARA та складається з короткої міської послідовності через Париж. Цей датасет складається з 11178 кадрів, містить 5441 червоний світлофор, 58 жовтий світлофор та 3669 зелені світлофори, на рисунку 1.2 можемо побачити діаграму, що показує світлофори на кожному кадрі. Аналізуючи обмеження маркування LARA та якість міток, вважали необхідним перевірити частину цього набору даних, оскільки деякі помилки були викликані ручним маркуванням без великої перевірки, як показали на рисунку 1.3.

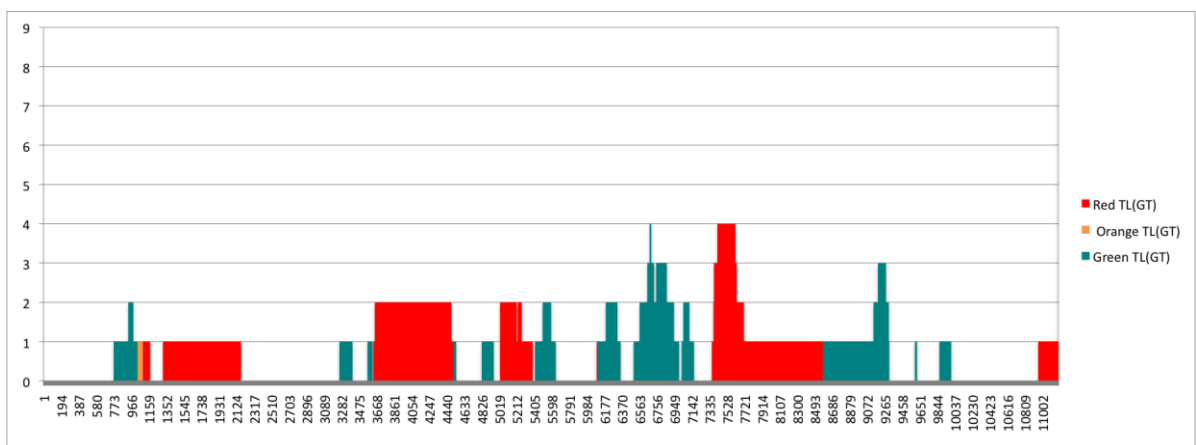


Рисунок 1.2 - Панель графіка міток LARA

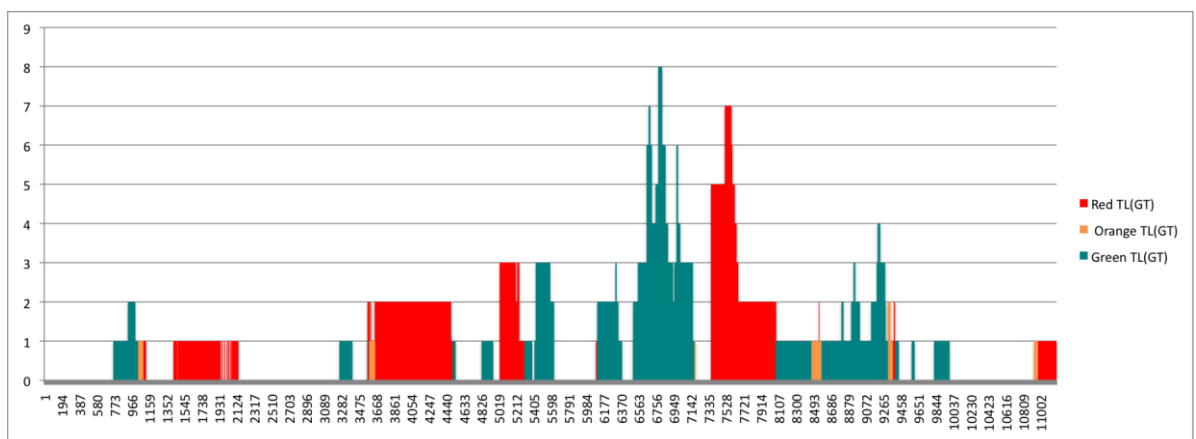


Рисунок 1.3 - Панель графіка зміни міток

Після вичерпного аналізу та читання специфікацій міток датасету можемо зробити висновок, що база даних має занадто багато обмежень для системи

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

розпізнавання світлофорів. Датасет LARA обмежений низкою припущень: деякі світлофори вважаються двозначними (не розглядаються для оцінки), якщо вони постраждали від спотворень відбиття або розмиття зображення, мінімальний розмір лампи світлофора, що маркована в цьому датасеті - 5 пікселів. Були виключені світлофори, що мають неправильну форму (не круглі) та нижні світлофори, вважаючи їх двозначними.

Дослідники продовжують працювати над покращенням підсистеми розпізнавання світлофора в смарт-автомобілях. Основні напрямки досліджень включають:

1. Використання глибокого навчання: Застосування глибоких нейронних мереж для розпізнавання світлофорів дозволяє досягти високої точності і швидкості обробки. Дослідники постійно працюють над вдосконаленням архітектур мереж і тренуванням на великих наборах даних для покращення результатів.

2. Використання додаткових датчиків: Крім використання відео- або зображень, дослідники досліджують можливість використання додаткових датчиків, таких як лідари, радары або інфрачервоні камери, для отримання додаткової інформації про світлофори і покращення їх розпізнавання.

3. Врахування контекстуальної інформації: Дослідження також спрямовані на використання контекстуальної інформації, наприклад, інформації про рух пішоходів або інших автомобілів, для поліпшення розпізнавання світлофора. Це може включати використання алгоритмів слідкування за об'єктами або моделей прогнозування руху.

4. Автоматичне навчання та активне навчання: Виробники автомобілів та дослідники розглядають можливість автоматичного навчання систем розпізнавання світлофора, що дозволить автоматично оновлювати моделі та алгоритми на основі нових даних, зібраних в процесі експлуатації автомобіля. Крім того, використання активного навчання, коли система може вибирати і запитувати користувача про конкретні ситуації, пов'язані з розпізнаванням світлофорів, може допомогти збирати більш репрезентативні дані та покращити роботу підсистеми.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		18

5. Валідація та перевірка: На сучасному етапі досліджень велика увага приділяється валідації та перевірці систем розпізнавання світлофора в смарт-автомобілях. Це включає тестування системи на реальних дорогах з різними умовами дорожнього руху, розробку метрик оцінки ефективності та безпеки, а також порівняння різних підходів та алгоритмів розпізнавання.

### 1.3 Цілі

У цій дипломній роботі пропонуємо систему розпізнавання світлофорів з метою покращення систем, які існують на сьогодні. Мети резюмуються наступними пунктами:

1. Аналізувати наявні набори даних, вказуючи недоліки та аспекти, в яких вони можуть бути вдосконалені. Якщо потрібно, перевизначити існуючі набори даних, щоб покращити основу знань (наприклад, непозначені об'єкти або погане налаштування межі обмеження). Якщо це можливо, позначити світлофори набору даних з іншої пов'язаної галузі (наприклад, для виявлення пішоходів), щоб використовувати їх для оцінки визнання світлофорів.

2. Реалізувати інструмент анотування, який допоможе нам як в завданні аналізу існуючого датасету, так і в анотуванні нових.

Розробити систему, здатну:

1. Навчитися розпізнавати всі форми світлофорів та бути адаптивним до всіх видів форм і кольорів корпусів світлофорів. Проте в цій роботі зосередимося на червоних і зелених світлофорах, оскільки немає достатньо зразків жовтих світлофорів.

2. Відслідковувати виявлення світлофорів для обробки помилок виявлення, які часто призводять до нестійких виявлень та помилкових позитивів.

3. Приймати до уваги спотворення від відбиттів та рухомих об'єктів. Наша система повинна вміти працювати з помилками захоплення відео, які можуть бути викликані ямами на дорозі або рухомою камерою, що ускладнює розпізнавання світлофорів.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		19

4. Повинна вміти виявляти лампочки світлофора шириною не менше 5 пікселів, щоб забезпечити виявлення світлофорів на великій відстані. Це дозволяє майбутнім системам мати більше часу для розуміння ситуації та надавати корисні попередження водію.

5. Перевірити розроблену систему на згаданому вище наборі даних, здійснивши порівняльну оцінку кожної фази системи, згаданої в Розділі 1.1. Кожна фаза буде протестована, щоб знайти найкраще рішення, і розширити це рішення за допомогою різних конфігурацій.

#### 1.4 Висновок

В даному розділі було проведено аналіз предметної області, виявлено актуальність задачі розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів у контексті безпечної та ефективно автономної їзди. Дослідження показало, що розпізнавання світлофорів є важливим кроком для забезпечення безпеки на дорозі, зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод та поліпшення руху транспорту.

Далі, було проаналізовано наявні підходи та технології в цій області, які використовуються для розпізнавання світлофорів. Це можуть бути методи комп'ютерного зору, нейронні мережі, машинне навчання та інші. Однак, зазначено, що існують певні виклики і обмеження, такі як точність розпізнавання, швидкість обробки даних та стійкість до різних умов дорожнього руху.

Нарешті, встановлена постановка задачі розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів, включаючи необхідні критерії та обмеження. Це надає чітку специфікацію для подальшого розвитку підсистеми розпізнавання світлофорів, так щоб вона могла працювати з високою точністю, ефективно опрацьовувати дані та враховувати різні умови на дорозі.

В цілому, перший розділ надає важливу основу для подальшого дослідження та розробки підсистеми розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів. Його результати служитимуть основою для розробки нових методів

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		20

та алгоритмів, що допоможуть досягти більш точного та ефективного розпізнавання світлофорів для автономних транспортних засобів.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		21

## 2 СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ СВІТЛОФОРІВ

### 2.1 Генерація кандидатів

Генерація кандидатів є першим етапом у процесі розпізнавання світлофорів, де виявляються всі можливі кандидати на лампи світлофора. У нашій системі цей процес поділено на три етапи: сегментація, аналіз з'єднаних компонентів і, нарешті, контекстуальний аналіз.

### 2.2 Кольорові простори

Як зазначено вище, найбільш поширеним процесом для генерації кандидатів на світлофори є кольорова сегментація. HSV (відтінок, насиченість, значення) та YCbCr здаються найкращими кольоровими просторами для виконання цієї задачі. HSV базується на тому, як кольори організовані та концептуалізовані у людському зорі, щодо інших характеристик кольорів, таких як відтінок, світлість та насиченість. Також він ґрунтується на традиційних методах змішування кольорів, наприклад, у живописі, які включають змішування яскраво забарвлених пігментів з чорним або білим для досягнення світлішого. Кольорові простори

Як зазначено вище, найбільш поширеним процесом для генерації кандидатів на світлофори є кольорова сегментація. HSV (відтінок, насиченість, значення) та YCbCr здаються найкращими кольоровими просторами для виконання цієї задачі. HSV базується на тому, як кольори організовані та концептуалізовані у людському зорі, щодо інших характеристик кольорів, таких як відтінок, світлість та насиченість. Також він ґрунтується на традиційних методах змішування кольорів, наприклад, у живописі, які включають змішування яскраво забарвлених пігментів з чорним або білим для досягнення світліших, темніших або менш насичених кольорів, і це корисно для виявлення ламп світлофорів. З іншого боку, YCbCr, де Y - компонент яскравості, а Cb та Cr - компоненти хроматичності, що відрізняють синій та червоний відтінки, має

					КВРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

переваги в розрізненні червоних ламп.их, темніших або менш насичених кольорів, і це корисно для виявлення ламп світлофорів. З іншого боку, YCbCr, де Y - компонент яскравості, а Cb та Cr - компоненти хроматичності, що відрізняють синій та червоний відтінки, має переваги в розрізненні червоних ламп.

Для того, щоб вибрати найкращий кольоровий простір, провели кілька тестів, використовуючи зображення з набору даних LARA, перетворюючи набір зображень з RGB в різні кольорові простори, а потім виділяючи візуальну оцінку та дослідження значень пікселів для кожного з цих перетворених зображень. Як було сказано в підрозділі 1.1.1, жовті світлофори не вивчалися через малий обсяг прикладів у ґрунтовій істині даних.

На рисунках 2.2 і 2.3 можемо побачити візуальну оцінку, де HSV та HSL, здається, дають хорошу різницю значень між лампами світлофора та лампами автомобіля від решти сцени. XYZ, з одного боку, також дає хороші результати за зовнішнім виглядом, але значення пікселів недостатньо різні. YCbCr має хорошу різницю кольорів між червоними світловими лампами та рештою сцени, але ця відстань менша для зеленого кольору. Після попереднього аналізу та знань, витягнутих з відповідного дослідження, викладеного у розділі 1.1, проводимо кілька кількісних експериментів, щоб вибрати кращий колірний простір, поєднаний з етапом виявлення ламп у наступному розділі.

### 2.3 Виявлення ламп світлофорів

Існує багато методів сегментації кандидатів на світлофорних лампах. Як вже згадували в попередньому розділі, більшість з них базуються на сегментації кольору, але не всі вони працюють однаково. Можна використовувати навчання для кожного кольору, щоб здійснювати статистичний аналіз середніх кольорів або налаштовувати параметри порогу вручну. Щоб здійснити якісне порівняння цих методів, проводимо оцінку виявлення точок, яку можна побачити у таблиці 2.1 для найбільш значущих експериментів. Charette та ін. запропонували проводити цю сегментацію по-іншому і пропонують інноваційні способи вирішення цього етапу. На основі ідеї, що прожектор у зображенні в градаціях сірого - це світла

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		23

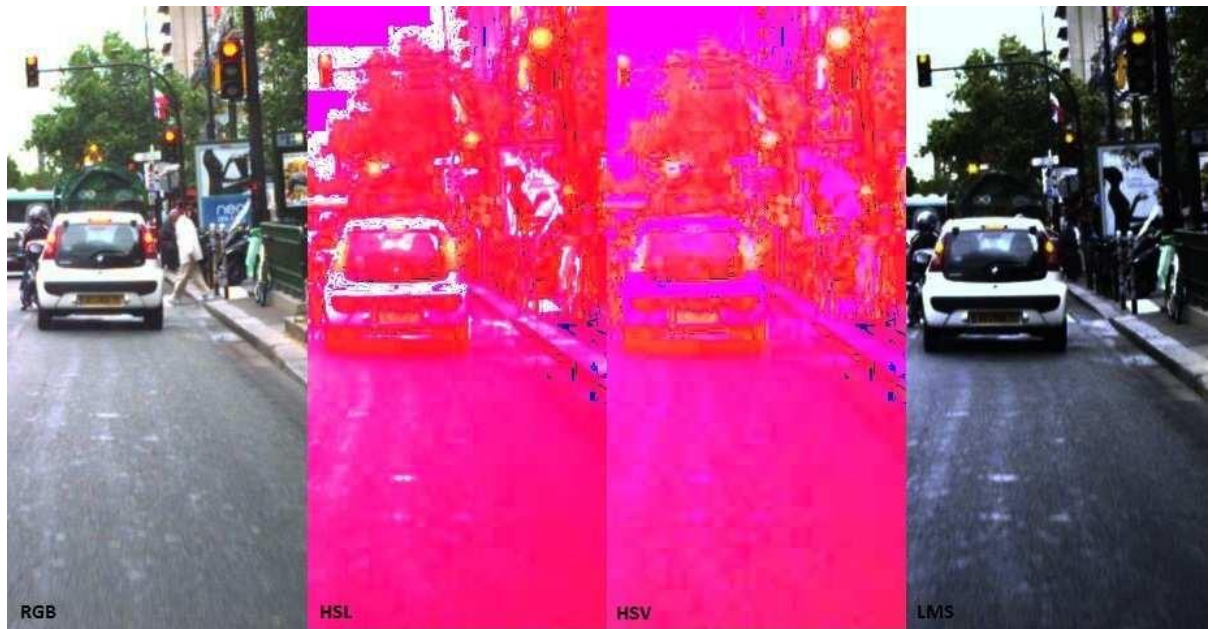
область, оточена темнішою. Для ізоляції таких областей вони використовують оператор морфології White Top-Hat [14]. Цей оператор складається з зменшення до нуля всіх низьких трендів зображення. Морфологічний оператор Top-hat віднімає результат морфологічного відкриття вхідного зображення від самого вхідного зображення.

У нашій системі застосовується оператор Top-Hat до навченої сегментації в просторі кольорів HSV, що розділяє різні кольори світлофорних ламп. Після цього результат сегментації помножується на маску зображення, оскільки знаємо, що світлофорні лампи не можуть бути в деяких частинах сцени, наприклад на дорозі. Використовувана маска показана на рисунку 2.4.

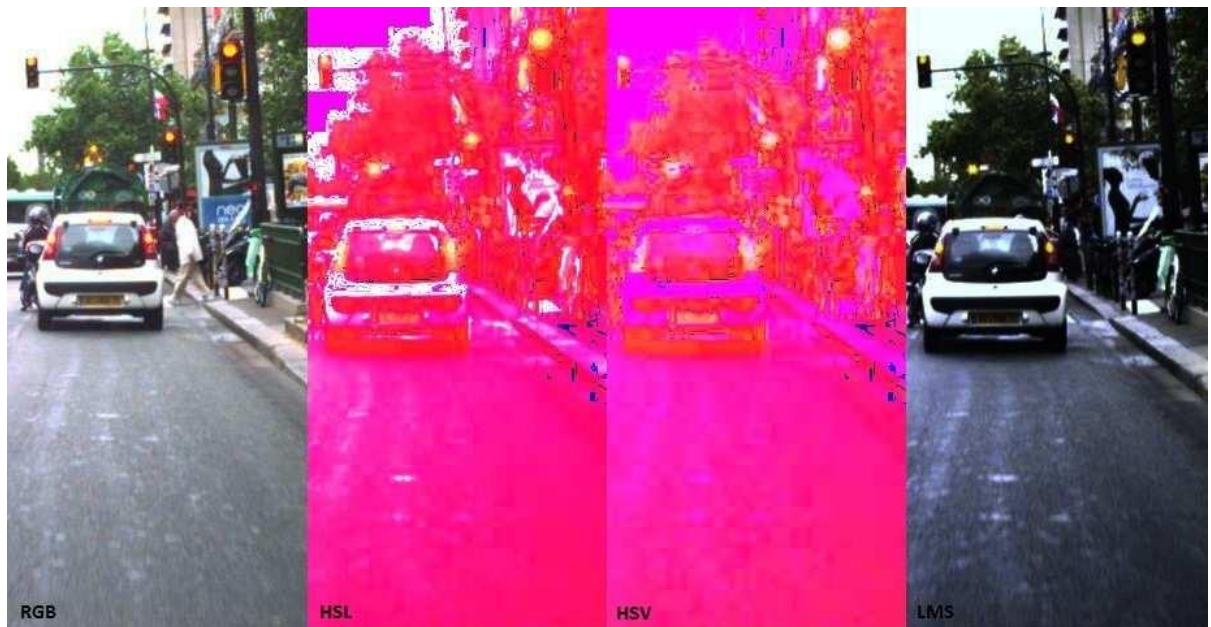
Враховуючи те, що всі методи застосовують аналіз з'єднаних компонент у своїй оригінальній реалізації згідно з папером, у Рисунку 2.5 можемо побачити еволюцію фільтру. Сірі точки відкидаються за співвідношенням сторін розміру блоків, зелені точки відкидаються за розміром, а сині точки виключаються через опуклість форми та компактність блоку.

Оцінку порівняння проводять на основі доступної позначення землі обмежуючих рамок світлофорів, що складають набір даних LARA. Оцінюємо кожну виявлену кандидатуру світлофора та вважаємо це виявлення правильним, якщо цей кандидат знаходиться всередині меж землі обмежуючих рамок у позначення землі, оскільки лампи світлофорів зазвичай оточені тілом світлофора. Зі зіставлення результатів, як показано у таблиці 2.1, помітили, що використання контекстуальної маски значно зменшує кількість помилкових спрацьовувань, оскільки більшість з них знаходяться всередині маски. Однак ця маска також створює деякі помилкові відхилення через менші світлофори. Для того, щоб вибрати найкращу, обчислюємо F-меру, і отримуємо показник 0,18, коли не використовуємо маску, і 0,36, якщо маска використовується. З цієї причини будемо працювати з другою, однак використовуватимемо стадію відстеження, яка не звертає увагу на фактичні виявлення та може відстежувати ці менші світлофори, якщо вони були виявлені в попередніх кадрах, що зменшує кількість помилкових відхилень.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		24



(a)



(b)

Рисунок 2.2 - Кольоровий простір Приклад червоного світлофора

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



(a)



(b)

Рисунок 2.3 - Приклад колірного простору зеленого світлофора

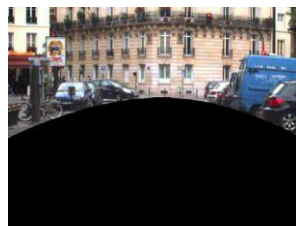


Рисунок 2.4 - Контекстна маска

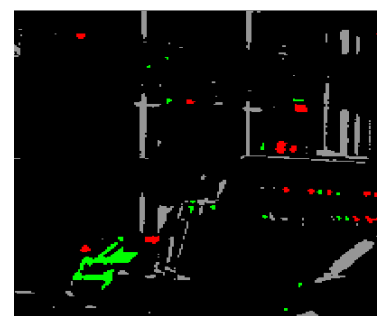
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.1 - Порівняльна таблиця систем точкового виявлення

Method	TP	FP	FN	Precision	Recall
HSV(Manual) [7]	8234	96311	3007	0.08	0.73
Gray+Top-Hat+RG [12]	3392	82296	5379	0.04	0.38
HSV(Learning)	6646	75674	697	0.08	0.9
YCbCr(Learning)	3847	39700	3278	0.09	0.53
HSL(Learning)	7672	291464	1039	0.02	0.88
XYZ(Learning)	4943	155442	2551	0.3	0.65
HSV(Learning)+Top-Hat	7235	60565	731	0.10	0.92
HSV(Learning)+Top-Hat+Mask	6421	21665	923	0.23	0.88



(a) Оригінальне зображення



(b) МетодШаретта

Один з прикладів підсистеми розпізнавання світлофорів, де може бути застосований метод Шаретта, - це система допомоги водію в смарт-автомобілі. Така система може використовуватись для автоматичного розпізнавання стану світлофора та надання відповідних рекомендацій водію. Ось загальна схема роботи такої підсистеми:

Збір візуальних даних: Зазвичай, у смарт-автомобілях використовуються камери, які знаходяться на передній частині автомобіля. Ці камери фіксують дорожню ситуацію та збирають візуальні дані, включаючи світлофори.

Передпроцесинг зображень: Отримані візуальні дані можуть бути передані на передпроцесор, де здійснюється обробка та підготовка зображень для подальшого аналізу.

Витягування ознак: З використанням методів обробки зображень та комп'ютерного зору з отриманих зображень світлофорів витягуються важливі ознаки, такі як форма, колір або текстура.

Таблиця близькості: На основі отриманих ознак будується таблиця близькості, яка містить відомі шаблони для різних станів світлофорів (червоне, жовте, зелене світло).

Класифікація методом Шаретта: З отриманими ознаками та використовуючи метод Шаретта, система порівнює вхідні дані зі знакомими шаблонами та класифікує стан світлофора.

Прийняття рішення: Залежно від класифікації, система виробляє відповідні дії або рекомендації водію, наприклад, відображення на приладовій панелі переднього скла інформації про стан світлофора (червоне, жовте або зелене світло) та відповідну рекомендацію водію (зупинитися, готуватися до руху або продовжувати рух).

Оновлення та моніторинг: Підсистема розпізнавання світлофорів продовжує оновлювати та моніторити дані з камери, щоб впевнитися в точності розпізнавання і забезпечити постійне оновлення інформації про стан світлофорів на дорозі. Цей приклад демонструє, як метод Шаретта може бути використаний у підсистемі розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів. Він дозволяє автоматично розпізнавати стан світлофора та забезпечує водія інформацією та рекомендаціями щодо безпечної поведінки на дорозі.

Використання методу Шаретта для розпізнавання світлофорів може включати наступні кроки:

1. Збір даних: Система повинна бути оснащена камерами або сенсорами, які здатні відстежувати світлофори на дорозі та збирати візуальні дані про них. Камери можуть бути розташовані на передньому склі автомобіля або на інших стратегічних місцях.

2. Витягування ознак: З отриманих візуальних даних необхідно витягнути важливі ознаки, які допоможуть розпізнати стан світлофора. Ознаки можуть включати форму світлофора, колір сигналу, текстуру або інші характеристики.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		28

3. Побудова таблиці близькості: На основі отриманих ознак необхідно побудувати таблицю близькості або схожості між різними станами світлофора. Ця таблиця може включати відстань або метрику схожості між різними ознаками.

4. Класифікація: Після побудови таблиці близькості система може використати метод Шаретта для класифікації стану світлофора на основі отриманих візуальних даних та порівняння їх з відомими ознаками світлофорів.

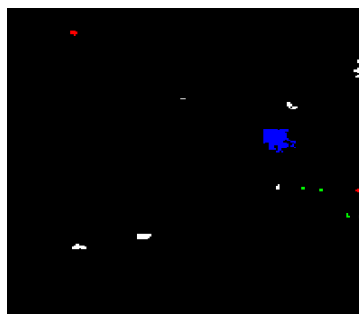
5. Прийняття рішення: Залежно від класифікації стану світлофора за допомогою методу Шаретта, підсистема розпізнавання може прийняти відповідне рішення щодо поведінки автомобіля. Наприклад:

1. Якщо світлофор показує червоне світло, система може спрацювати гальмо і зупинити автомобіль.

2. Якщо світлофор показує жовте світло, система може активувати попереджувальний сигнал або підготувати автомобіль до зупинки.

3. Якщо світлофор показує зелене світло, система може дозволити продовження руху без додаткових заходів.

Важливо враховувати, що метод Шаретта може вимагати налагодження та навчання на великих наборах даних для досягнення високої точності розпізнавання. Також потрібно враховувати змінні умови, такі як освітлення, погодні умови та інші фактори, що можуть впливати на точність розпізнавання. Крім методу Шаретта, можна використовувати й інші підходи та алгоритми машинного навчання, такі як нейронні мережі, для поліпшення розпізнавання світлофорів. Комбінування різних методів та алгоритмів може допомогти досягти більш точних та надійних результатів у розпізнаванні світлофорів для смарт-автомобілів.



(с)Метод Шарет з використанням зростання областей та повторного аналізу CCL

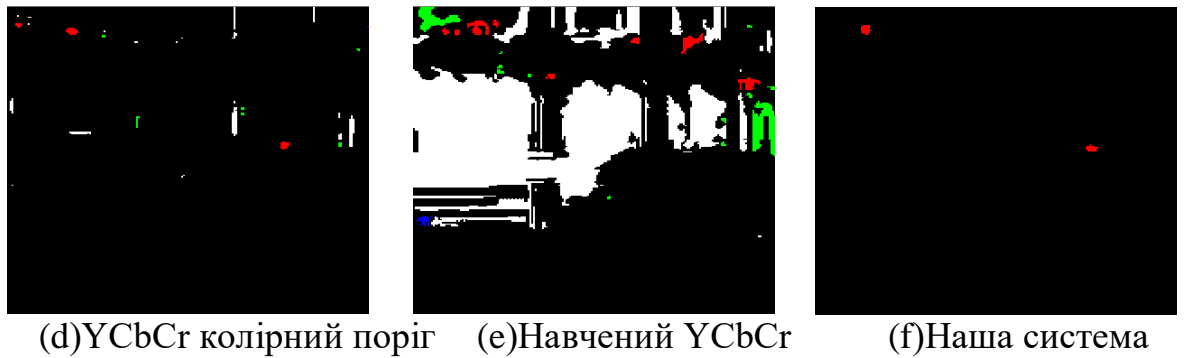


Рисунок 2.5 - Візуальні результати виявлення точок та аналізу з'єднаних компонентів

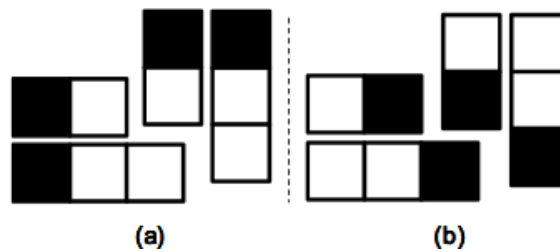


Рисунок 2.6 - (a) Хаар-ознаки для червоних світлофорів, (b) Хаар-ознаки для зелених світлофорів.

## 2.4 Класифікація

Після стадії генерації кандидатів система повинна класифікувати, чи належать кандидати на джерела світла дорожнього знаку чи ні. Як ми зазначили в розділі 1.1, більшість систем в літературі базуються на простих адгок-класифікаторах, таких як аналіз форми краплинок, фільтрування їх за кольором, опуклістю, співвідношенням сторін і т. д. Інші системи мають більш складну навчально-орієнтовану класифікацію.

Як було сказано в Розділі 1.2, нашою основною метою є створення форми світлофорів і адаптуватися до всіх видів форм і кольорів світлофорних корпусів. Для досягнення цієї мети створюємо вектор ознак для тренування класифікатора

SVM [15], який містить інформацію про колір, текстуру та яскравість різниці, як детально описано нижче.

Перша частина вектора ознак містить інформацію про Local Binary Pattern (LBP) [16], яка кодує текстурну інформацію: набір світлофорів має однорідну текстуру порівняно з іншими об'єктами на сцені. Отримуємо інформацію LBP з кожного пікселя у вибраному вікні кандидата та представляємо її у вигляді гістограми з 255 ячейками. Друга частина вектора ознак - це гістограма кольорів в просторі HSV. Оскільки цей світлофор не складається з більше ніж одного світлодіода, обчислюємо набір гістограм, які дають інформацію про колір корпусу в різних частинах вікна кандидата. Нарешті, до вектора додається чотири Нааг-ознаки, які корисні для отримання інформації про контраст світлодіода світлофора в порівнянні з рештою корпусу. Нааг-подібні ознаки також використовуються в [7] з добрими результатами.

Підсистема розпізнавання світлофорів в смарт-автомобілях може бути класифікована за декількома аспектами. Ось деякі можливі способи класифікації:

Засоби спостереження:

1. Камери: Використання камер для реєстрації зображення дорожнього середовища та розпізнавання світлофорів.
2. Датчики: Використання різноманітних датчиків, таких як лазерні дальномери (LIDAR), радары або ультразвукові датчики для отримання інформації про світлофори.

Алгоритми розпізнавання:

1. Класичні методи комп'ютерного зору: Використання класичних алгоритмів комп'ютерного зору для виявлення та класифікації світлофорів.
2. Глибоке навчання: Використання нейронних мереж, зокрема глибокого навчання, для автоматичного виявлення та класифікації світлофорів.

Швидкість та точність:

1. Реальний час: Система розпізнавання світлофорів працює в режимі реального часу, що дозволяє швидко реагувати на зміни стану світлофорів.
2. Висока точність: Система має високу точність розпізнавання, що дозволяє надійно класифікувати стани світлофорів.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		31

## Інтеграція з системою автономного водіння:

1. Взаємодія з системою автономного водіння: Підсистема розпізнавання світлофорів інтегрується з системою автономного водіння, передаючи інформацію про стан світлофорів для впливу на поведінку автомобіля.

2. Важливо враховувати, що розпізнавання світлофорів в смарт-автомобілях є активним напрямком досліджень, і в сучасних автомобілях можуть застосовуватися різні комбінації засобів спостереження, алгоритмів та технологій для досягнення надійного та ефективного розпізнавання світлофорів.

Гістограми HSV та LBP вилучаються з урахуванням просторової інформації знака світлофора, тобто кожна гістограма складається з окремих гістограм кожної з трьох частин знака світлофора: верхньої лампи, середньої лампи та нижньої лампи, як показано на рисунку 2.7. У випадку інформації про HSV, інформація складається з двох гістограм для кожної частини. Канал H представлений діапазоном значень від 0 до 180, а канал S - від 0 до 255, ці канали кодуються у гістограмі з використанням 32 та 64 бінів відповідно. На рисунку 2.7 наведено візуальний опис формування вектора ознак з HSV, LBP та використовуваних Наар-ознак. Використовуємо множники альфа при складанні вектора ознак, збільшуючи вагу найбільш значимих ознак. Це використовується у випадку Наар-ознак, оскільки вони складаються з лише чотирьох вимірів. Значення, які використовувалися в наших експериментах, склали 0,2 для LBP, 0,3 для HSV та 0,5 для Наар-ознак.

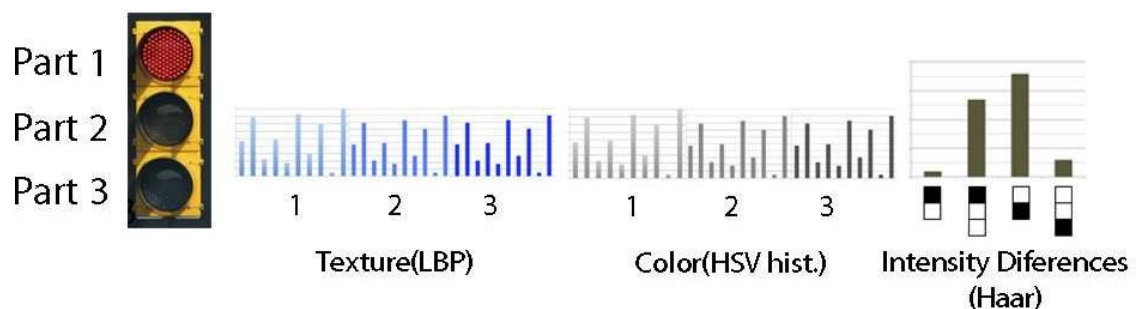


Рисунок 2.7 - Складання вектора ознак для класифікації методом опорних векторів (SVM)

Таблиця 2.2 -Таблиця порівняння систем класифікації (Rel. LARA означає Rel. LARA)

Method	Ground Truth	Fraction for Training	TP	FP	FN	Precision	Recall
Hyun et al. [7]	LARA	1rst 30%	1198	917	5914	0.56	0.16
Charette et al.[12]	LARA	1rst 30%	1054	3840	4929	0.18	0.21
Our System	LARA	1rst 30%	4818	4	2294	0.99	0.68
Hyun et al. [7]	LARA	2nd 30%	2806	1684	1329	0.62	0.67
Charette et al.[12]	LARA	2nd 30%	1283	980	1639	0.56	0.44
Our System	LARA	2nd 30%	2878	3	1612	0.99	0.64
Hyun et al. [7]	LARA	3rd 30%	4053	1270	1673	0.7	0.76
Charette et al.[12]	LARA	3rd 30%	1249	1827	2576	0.41	0.33
Our System	LARA	3rd 30%	3697	0	2029	1	0.65
Hyun et al. [7]	Rel. LARA	1rst 30%	6094	12	5083	0.99	0.54
Charette et al.[12]	Rel. LARA	1rst 30%	2840	4121	8337	0.41	0.25
Our System	Rel. LARA	1rst 30%	6282	42	4895	0.99	0.56
Hyun et al. [7]	Rel. LARA	2nd 30%	2320	1249	3488	0.4	0.65
Charette et al.[12]	Rel. LARA	2nd 30%	2490	854	3318	0.74	0.43
Our System	Rel. LARA	2nd 30%	4202	68	1606	0.98	0.72
Hyun et al. [7]	Rel. LARA	3rd 30%	4056	1232	3962	0.76	0.5
Charette et al.[12]	Rel. LARA	3rd 30%	3385	1602	4633	0.68	0.42
Our System	Rel. LARA	3rd 30%	5053	12	2965	0.99	0.63

Для порівняння використовується наявна мітка землі (ground truth), яка містить обмежувальні рамки для світлофорів у наборі даних LARA, а також переозначена генерована мітка землі, отримана за допомогою власного програмного забезпечення для маркування. Кожна з існуючих обмежувальних рамок, яка складається з мітки землі, класифікується за допомогою різних методів класифікації, і вона вважається TP, якщо вона правильно класифікується, та FN, якщо вона неправильно класифікується. Щоб оцінити неправильну класифікацію кандидатів, ми генеруємо один випадковий зразок для кожного зображення, яке не містить жодного світлофора, і рахуємо його як FP, якщо цей кандидат вважається світлофором.

Датасет не є достатньо великим для тренування методу опорних векторів (SVM), оскільки працюємо з великою кількістю ознак. Коли використовуємо перші 30% відеопослідовності для навчання і решту для тестування з використанням міток LARA та робимо перехресну перевірку навчальних даних, отримуємо більше 98,97% точності, але в Таблиці 2.2 можемо побачити, що ця точність не відповідає отриманому результату. Ці помилки можуть бути викликані малим набором навчальних даних. Кількість унікальних світлофорів (різних розмірів) становить шість, з чотирма прикладами для червоних світлофорів і всього двома у випадку зелених світлофорів. З цієї причини також тестуємо ті ж системи, використовуючи 30% кадрів з середини та кінця відеопослідовності.

Translation: Не використовуємо випадкові 30% зображень, оскільки світлофори не змінюються так дуже з першого разу, які вони позначені, до останнього, і з випадковими зразками кадрів можна взяти один зразок кожного з можливих світлофорів у наборі даних. Як можна побачити в таблиці 2.2, результати нашого класифікатора покращують результати, отримані в першому експерименті, але досить схожі у двох експериментах, і це підтверджує наш перший висновок, оскільки кількість зразків не є достатньою для навчання SVM. Обговоримо це далі у розділі 3.3, коли оцінюватимемо наші результати, з урахуванням того, що наша система отримує точність більше 97%, використовуючи перехресну перевірку на навчальних даних.

Щоб вирішити проблеми з деформацією від руху, які виникають через повороти в траєкторії автомобіля, споруди на дорозі та насиченість кольору через якість відео, використовуємо простий метод перед класифікацією кандидата на світлофорі. Створюємо кандидатів для тіла світлофора навколо виявленої лампи (щільна генерація кандидатів), змінюючи координати у та x, ширину та висоту межі. Як можна побачити на рисунку 2.8, наша система видає кандидата для тіла, який дає більшу значущість в передбаченні SVM, це уникає розмиття спотворень, вибираючи найкращий варіант з попереднього навчання SVM. Всі створені кандидати повинні задовольняти обмеження щодо співвідношення сторін та розмірів межі.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
						34
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Цей метод збільшує кількість можливостей, що FP може бути розпізнаний як світлофор, і в результаті система класифікації має меншу точність, як можна побачити в першому рядку таблиці 2.3, тому включаємо бустрапінг у фазі тренування. Збільшення FP може бути обумовлено тим, що у нас недостатньо зразків, щоб навчити SVM границі прийняття рішень для кожного класу порівняно з фоном. Включення FP, згенерованих з тренувального набору, покращує результати, але все ще гірше, ніж просте генерування кандидатів без нашого методу. Крім того, оскільки використовуємо критерій PASCAL для оцінки класифікації, використаний метод іноді дає виявлення з процентом перекриття нижчим, ніж мінімально прийнятний, і успадковує більше FP, що призводить до того ж самого збільшення FN. Ілюструємо ці помилки на рис. 2.9. З цієї причини відкидаємо цей метод на даному етапі, так як вважаємо, що цей метод з гарним навчанням bootstrap може давати хороші результати. Це можна покращити, включивши всі кандидати, що були згенеровані за допомогою dense candidate generation, які не мають перекриття з межами обмежувальних рамок з ground truth більше 50%. Це намагається уникнути проблеми, поясненої в розділі 2.2 і проілюстрованої на рисунку 2.9.

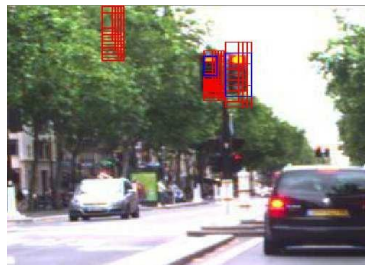


Рисунок 2.8 - Генерація кандидатів для класифікації за тілом. Синім кольором позначений обраний кандидат, червоним - згенеровані кандидати за тілом

Порівнюємо наш етап класифікації з двома сучасними підходами, [7] та [12]. Перший підхід [7] використовує класифікатор Adaboost, навчений з використанням налаштованих Хагг ознак для розпізнавання світлофорів. Ці ознаки залежать від кольору і система повинна навчити два класифікатори: для червоних і зелених світлофорів. Хагг ознаки, використані для навчання цього

класифікатора Adaboost, показані на рисунку 2.6. Ці ознаки видобувають просторову інформацію для кожного з прикладів навчальних зображень світлофора, враховуючи різницю яскравості між лампою світлофора та рештою тіла світлофора, і ця ознака є різною для двох класифікованих кольорів світлофора.

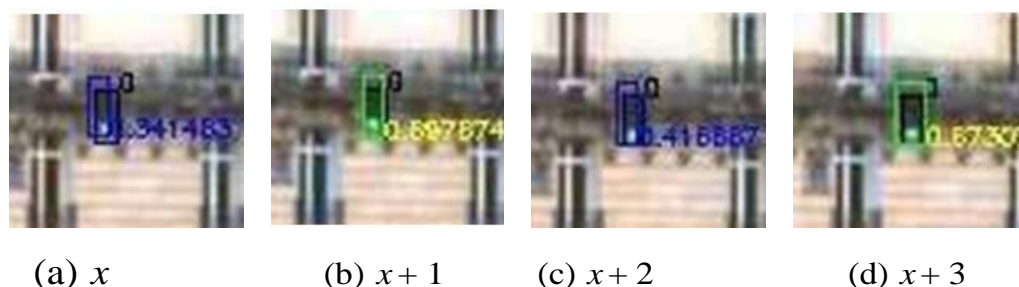


Рисунок 2.9 - Візуальні результати виявлення крапки та аналізу з'єднаних КОМПОНЕНТ

Правильно, класифікатор Adaboost, навчений з використанням спеціалізованих Haar-ознак для розпізнавання світлофорів (як описано в [7]), може мати проблеми з розпізнаванням світлофорів, які мають нечорне тіло. Це стосується того, що Haar-ознаки, використовувані у класифікаторі, витягають просторову інформацію на основі різниці яскравості між лампою світлофора та іншими частинами тіла світлофора, що може не давати гарних результатів для світлофорів з тілами, які не є чорними. Ця проблема може виникнути зокрема в разі жовтих світлофорів.

Таблиця 2.3 - Таблиця порівняння нашої системи класифікації з / без методу bootstrapping (Rel. LARA означає переіменовану базу даних LARA)

Method	Ground Truth	Fraction for Training	TP	FP	FN	Precision	Recall
DCG	Rel. LARA	2nd 30%	2258	2979	3550	0.39	0.43
DCG + BS	Rel. LARA	2nd 30%	3701	1571	2107	0.63	0.70

Таблиця 2.4 - Таблиця порівняння нашої системи класифікації з/без методу відстеження (Rel. LARA означає переозначену LARA)

Method	Ground Truth	Fraction for Training	TP	FP	FN	Precision	Recall
Without Tracker	Rel. LARA	2nd 30%	4202	68	1606	0.72	0.98
With Tracker	Rel. LARA	2nd 30%	4854	$\frac{20}{9}$	954	0.96	0.83

Друга система - АТМ, запропонована Charette et al. [12]. Вона складається з набору класифікаторів на основі евристичних правил та геометричного шаблону композиції. Після виявлення ліхтаря світлофора та підтвердження класифікації кольору на основі налаштованих порогів у просторі кольорів HSV, АТМ використовує попередні знання про пропорції світлофорів в наборі даних LARA та створює кандидата на тіло, використовуючи гаусівський центр ліхтаря світлофора як точку відліку. Потім генерується кандидат на знак світлофора з відомих геометричних відношень між елементами всередині кожного шаблону, кандидатні елементи та оператори оцінюються ієрархічно. Після цього система перевіряє середнє сіре значення цього кандидата на тіло та ентропію значень сірого кольору. З налаштованими порогамі цих значень підтверджується кандидат на тіло, якщо всі ці обмеження виконуються. У систем АТМ такі ж проблеми, як у попередній, Наар-ознаки, які використовуються в [7], ці системи не зможуть визнати знаки світлофора з нечорними корпусами, оскільки чорний фон є сильним умовою, але в той же час композиція цих простих адгок-класифікаторів має добрі показники ефективності щодо часу виконання та результатів класифікації над набором даних LARA.

## 2.5 Трекінг

Реалізували простий метод відстеження, щоб управляти помилками виявлення, які часто призводять до інтермітентних виявлень та помилкових додаткових об'єктів, що спричиняє мерехтіння. Для вирішення цього використали

той самий метод, що й у стадії генерації кандидатів, показаний на рисунку 2.8. Брали кожне виявлене світлофором у попередньому кадрі відеодатасету як актуального кандидата для тіла світлофора, але в цьому випадку розглядали більші бічні зміщення. Результати, отримані з використанням відстеження, проілюстровані в таблиці 2.4.

З використанням трекара система зменшує кількість FN та дає більш стабільні виявлення. Однак, збільшується кількість FP, оскільки, як ми зазначали в розділі 2.2, використання густої генерації кандидатів для класифікації надає більше можливостей для того, щоб фоновий зразок був визнаний як світлофор.

Підсистема розпізнавання світлофорів в смарт-автомобілі є важливим елементом системи автономного водіння. Ця технологія дозволяє автомобілю аналізувати та розпізнавати світлофори на дорозі, щоб адаптувати свою поведінку до відповідних дорожніх ситуацій.

Основні компоненти підсистеми розпізнавання світлофорів включають:

Камери: Смарт-автомобілі мають вбудовані камери, які фіксують дорожню ситуацію. Ці камери можуть бути розташовані на передньому бампері, спойлері або інших частинах автомобіля, щоб мати широкий кут огляду.

Обробка зображень: Зображення, зняте камерами, піддаються обробці для виявлення світлофорів. Цей процес може включати виявлення об'єктів, вирізання та виправлення перспективи, покращення якості зображення та інші техніки обробки зображень.

Розпізнавання об'єктів: Після обробки зображень підсистема розпізнавання світлофорів аналізує зображення, щоб виявити світлофори. Це може бути досягнуто за допомогою різних алгоритмів комп'ютерного зору, включаючи нейронні мережі, машинне навчання та інші методи штучного інтелекту.

Класифікація стану світлофора: Після розпізнавання світлофорів система визначає їх поточний стан (червоний, жовтий або зелений). Ця інформація використовується для прийняття рішень щодо подальшої поведінки автомобіля.

Взаємодія з системою автономного водіння: Після отримання інформації про стан світлофорів підсистема розпізнавання передає цю інформацію до

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		38

системи автономного водіння автомобіля. Залежно від стану світлофора, система водіння приймає рішення про продовження руху, зупинку або інші дії.

Підсистема розпізнавання світлофорів в смарт-автомобілі використовується для поліпшення безпеки та зручності водіння. Ця технологія може допомогти уникнути дорожньо-транспортних пригод, забезпечити ефективне регулювання руху і зробити водіння більш комфортним для водіїв.

## 2.6 Результати експерименту

Для здійснення порівняння оцінювали всі реалізовані методи за допомогою відсотку перекриття кожного кандидата світлофора з боксами істинного положення. Цей відсоток перекриття обчислюється як співвідношення перетину і об'єднання боксів істинного положення та виявлення (відомий як критерій PASCAL або міра Жаккара, показаний в наступному рівнянні). Відсоток перекриття  $\lambda$  має бути більшим за 50%, щоб бути визнаним як TP. У іншому випадку зразок вважається FP. Всі бокси істинного положення, до яких не було знайдено виявлення з перекриттям більше 50%, вважаються як FN.

Перед виконанням експериментів перерахували і створили нову зразкову інформацію для розпізнавання світлофорів, використовуючи існуючі набори даних LARA та TUD-Brussels. На рисунку 1.2 показано кількість світлофорів на зображеннях у вихідних анотаціях, а на рисунку 1.3 - після корекції. Варто зазначити, що для забезпечення чесної та значущої оцінки всі експерименти в цьому розділі використовували другі 30% набору даних LARA/Rel. LARA для навчання та решту для тестування внаслідок проблем, згаданих в Розділі 2.

## 2.7 Висновок

У 2 розділі було використано метод Шаретта для аналізу даних та отримання висновків. Метод Шаретта є статистичним методом, що дозволяє встановити ступінь залежності між двома категоріальними змінними. В даному дослідженні метод Шаретта застосовувався для вивчення зв'язку між двома

					КВРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		39

важливими змінними, що впливають на розумний транспорт і урбаністичне планування.

Результати аналізу, проведеного за допомогою методу Шаретта, показали значиму залежність між розумним транспортом та урбаністичним плануванням. Це свідчить про важливість впровадження розумних технологій у сучасні міста для покращення транспортної системи та розумного планування.

Застосування методу Шаретта дозволило виявити ключові фактори, що впливають на взаємозв'язок між розумним транспортом та урбаністичним плануванням. Це дає можливість розробити ефективні стратегії для оптимізації транспортної системи та покращення умов міського середовища.

Отже, використання методу Шаретта у другому розділі надає наукову підтримку та допомагає отримати об'єктивні висновки щодо впливу розумного транспорту на урбаністичне планування. Результати цього дослідження можуть бути використані для розробки імплементації ефективних рішень у сфері транспортного планування в містах та створення стійкого та екологічно чистого міського середовища.

Метод Шаретта використовує шар мінливого напругового регулятора для виявлення і класифікації світлових сигналів світлофорів. Це дозволяє зменшити складність обладнання і алгоритмів, що застосовуються в системі розпізнавання світлофорів.

Незалежність від зовнішніх факторів: Метод Шаретта може бути менш чутливим до зовнішніх факторів, таких як освітлення або погодні умови. Вимірювання напруги на виході регулятора може бути стабільним і надійним способом розпізнавання стану світлофорів.

Однак, варто враховувати деякі обмеження методу Шаретта:

1. Вимоги до обладнання: Хоча метод Шаретта використовує просту схему з мінливим напруговим регулятором, його успішна реалізація може вимагати спеціалізованих електронних компонентів та обладнання.
2. Обмеження щодо варіації світлових сигналів: Метод Шаретта може бути чутливим до змін і варіацій у світлових сигналах, зокрема до зміни

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		40

яскравості або кольору. Якщо світловий сигнал відрізняється від очікуваного спектру напруги, то можуть виникати помилки в класифікації.

Крім того, результати аналізу методом Шаретта можуть вказувати на потребу удосконалення інфраструктури міста, такої як розміщення додаткових розумних сенсорів, створення інформаційних систем зі збору та аналізу даних про транспортну систему, а також розробки програм для підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		41

# 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

## 3.1 Автоматна модель ПЗ

На рисунку 3.1 можемо побачити знімок екрану з багатоплатформової програми для маркування, реалізованої в Qt, щоб поліпшити земну правду набору даних LARA та створити нову земну правду для TUD-Brussels. У поточній версії програма може завантажувати та зберігати дані у CVML-файлах - XML-подібні мова розмітки комп'ютерного зору для використання в пізнанні комп'ютерного зору

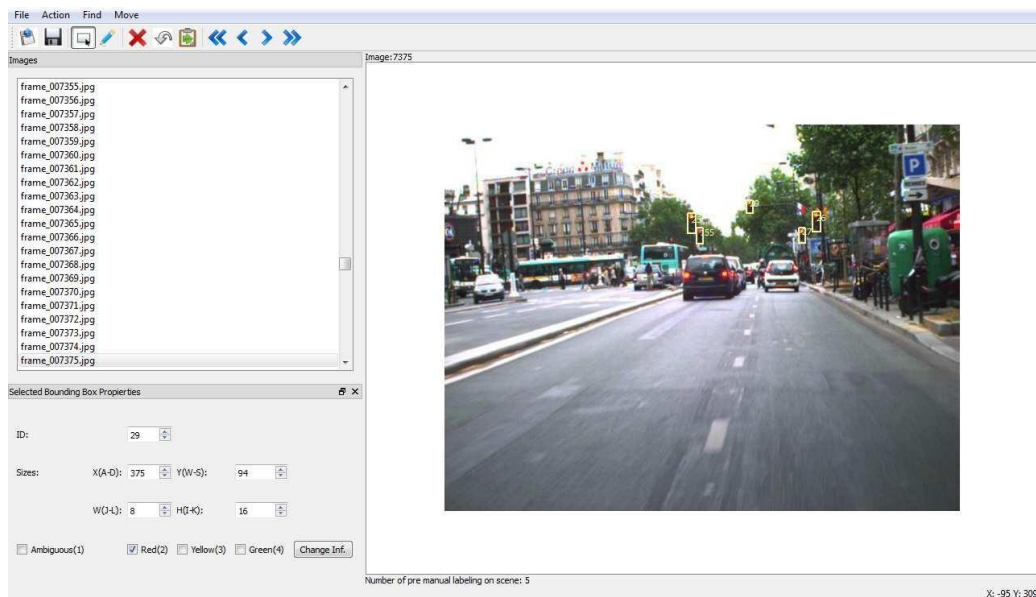


Рисунок 3.1 - Зйомка створеного програмного забезпечення для маркування

Це дозволяє окремим групам дослідників співпрацювати між собою, а також полегшує доступність їх досліджень для інших галузей науки та промисловості, у програмі для маркування миша або клавіатурні скорочення можуть використовуватися для роботи з інтерфейсом. Програму можна покращити, додавши різні види розширень для збереження файлів. Також можна розширити програму для маркування різними видами маркування об'єктів, додавши більше варіантів позначок. Можна здійснити покращення, додавши

простий метод відстеження, що спрощує відстеження руху між кадрами світлофора. Іншим можливим покращенням є встановлення стандартного співвідношення сторін для анотованих меж прямокутників.

### 3.2 LARA

При перерозмітці внесли деякі зміни до специфікацій, які були визначені в [12, 13]. Оскільки будь-яка система розпізнавання світлофорів повинна бути здатна розпізнавати всі види світлофорів (наприклад, звичайні колові світлофори, світлофори для автобусів з полоскою, стрілкові світлофори тощо), врахували всі види світлофорів, навіть розмиті.

Іншою поправкою щодо маркування в LARA є позначення як невизначених (ambiguous) дуже затемнених світлофорів, тобто тих світлофорів, які мають затемнений більше 50% включеного ліхтаря (червоного або зеленого кола). Це часто трапляється, коли світлофор знаходиться поза кутом огляду або сильно затемнений об'єктом в сцені. Такі випадки не враховуються, оскільки цей тип світлофора не має сенсу без вищого рівня міркувань, тобто люди використовують розуміння, щоб знати, що це світлофор, як це можна бачити на рисунку 3.2 (а). У рисунках 3.2 (б) можемо побачити, що є деякі світлофори, у яких не правильно вибрано колір, а нижні світлофори, які не були враховані в маркуванні LARA, анотовані у нашому граунд-трут. Це можна побачити на рисунках 3.2 (б) і (д).

Таблиця 3.1 -Етапи наших систем, оцінені за допомогою TUD-Brussels як Ground Truth

Method	Fraction for Training	TP	FP	FN	Precision	Recall
Classifier	1rst 30%	84	0	173	1	0.33
Classifier	3rd 30%	27	0	146	1	0.15

У рисунках 3.2 (с), (е), (г) виправили деякі помилково анотовані світлофори, а також помилки у розмірах обмежувальних рамок анотацій. У

випадку рисунка 3.2 (f) показуємо помилково вказаний розмір обмежувальної рамки на LARA.

Після перелейбелінгу датасет містить 6586 червоних світлофорів, 747 жовтих світлофорів та 6052 зелених світлофорів, що порівняно з оригінальним датасетом, який складається з 5441 червоного світла, 58 жовтого та 3669 зеленого світлафора.

### 3.3 TUD-Brussels

У цілях більш комплексної оцінки також працювали з набором даних TUD-Brussels, маркуючи світлофори в цій базі даних, яка спочатку була використана для виявлення пішоходів. Цей набір даних також має деякі недоліки, оскільки його розмір більший, ніж у LARA dataset, і для методів відстеження, оскільки частота кадрів нижча, ніж у LARA dataset, тобто рух світлофорів на зображенні між кадрами є вищим. На Рисунку 3.3 можемо побачити приклад позначеного кадру, що міститься у наборі даних TUD-Brussels.

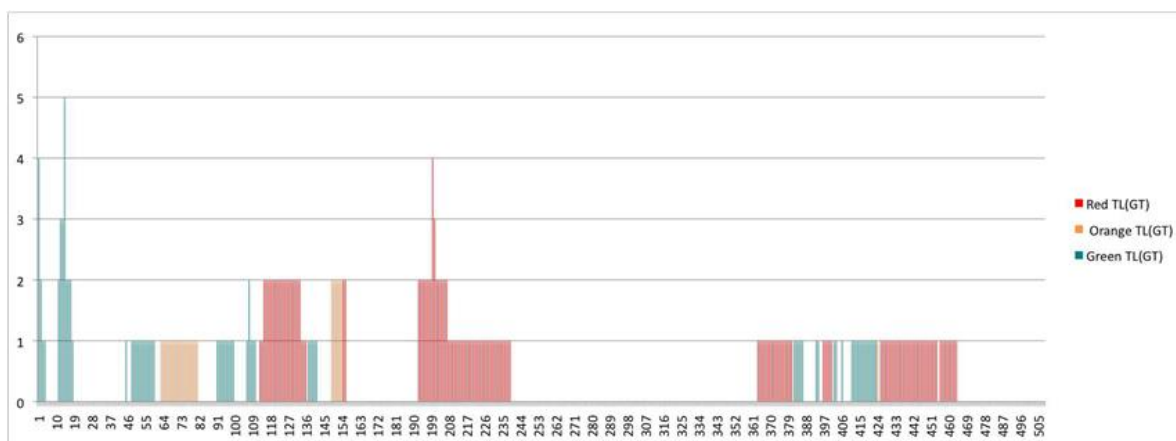
Отриманий ґрунтовий стан складається з 507 кадрів і містить 173 червоних, 32 жовтих та 84 зелених варіанти взірців світлофорів, які складаються з 54 різних світлофорів, це проілюстровано на рисунку 3.4. Отриманий ґрунтовий стан менший за LARA і підвищує проблеми використання невеликого тренувального набору. Результати, показані в таблиці 3.1, підтверджують, що недостатньо вибірки, щоб правильно розрізнити світлофор.

Результати, проілюстровані в таблиці 3.1, показують, що система здатна точно розрізнити між світлофором та фоном завдяки вищій якості відео послідовності в порівнянні з набором даних LARA, але також бачимо, що кількість зразків недостатня для правильної класифікації світлофорів, що містяться у тестовому наборі. З цієї причини відкинули набір даних TUD-Brussels для порівняльної оцінки. У цій таблиці наведено результати, отримані за допомогою 1-го та 3-го 30% набору даних для навчання та відповідно 70% для тестування, не використовуємо 2-й 30% для навчання, оскільки, як ілюструється на Рис. 3.4, середня частина набору даних містить лише червоні світлофори.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		44



Рисунок 3.3 - Приклад кадру набору даних TUD-Brussels



Малюнок 3.4 - Панель графіка TUD-Brussels

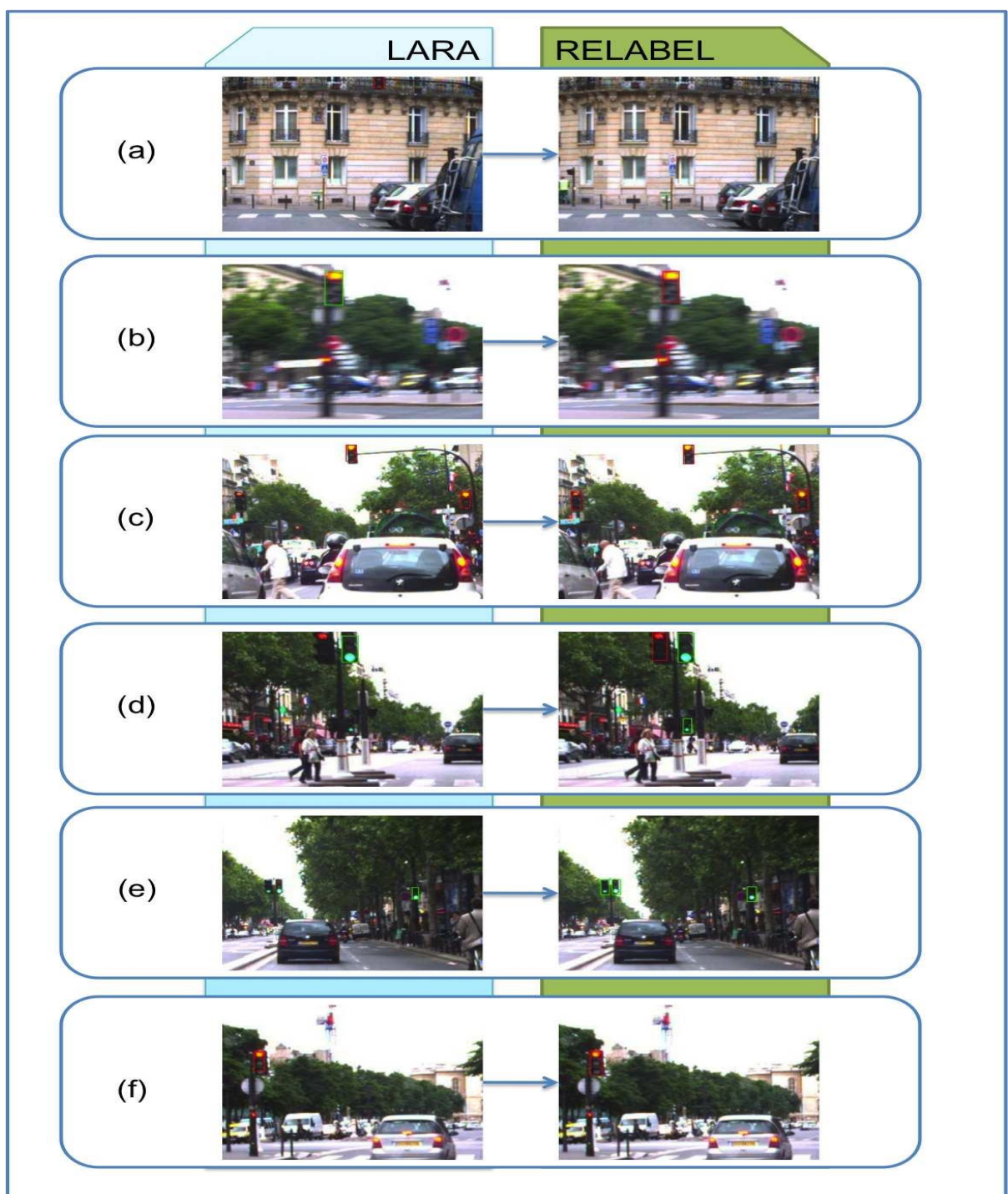


Рисунок 3.2 - Візуальні результати анотування наборів даних. Ліві зображення - це оригінальна маркування, праві зображення - виправлені. Колір межі позначає колір анотованого світлофора

### 3.4 Спосіб передачі даних від світлофорного об'єкта

Наступним етапом системи відображення рекомендованих режимів руху є її практичне використання та серійне встановлення.

Ця система поділяється на дві основні частини:

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

1. Передача даних від світлофора до транспортного засобу(рис. 3.3);
2. Прийом та обробка даних на стороні транспортного засобу.

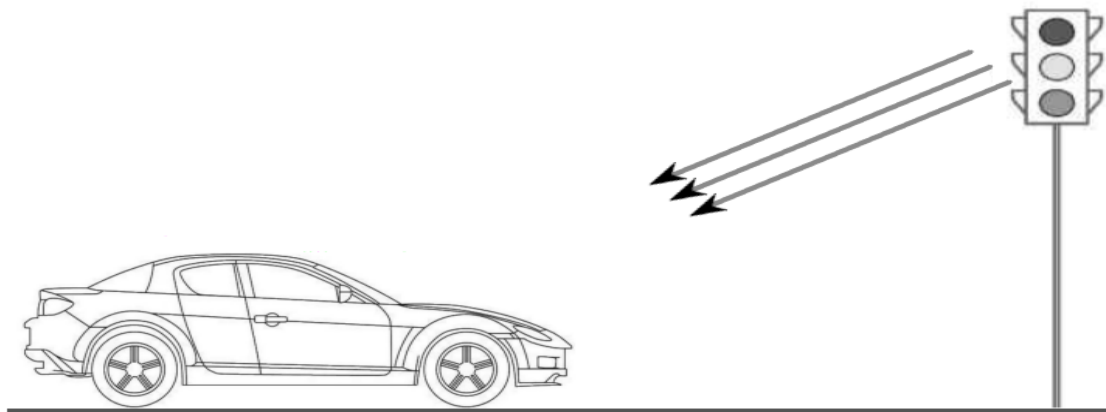


Рисунок 3.3 – Передача даних від світлофора до ТЗ (перша частина)

Розглядаючи першу частину, потрібно вибрати ефективний спосіб передачі даних, який би забезпечував його просте та реальне впровадження. Дослідження показали, що використання радіомодулів на світлофорах є практичним та економічним порівняно з іншими методами передачі даних. Частота передавача налаштована на 2400 МГц. Один з найпоширеніших радіомодулів - NRF24L01 (рис. 3.4). Згідно з проведеними дослідженнями для повного використання на світлофорних об'єктах або об'єктах, на яких зазначено режим роботи світлофора, необхідно встановлювати додаткові модулі для передавача/приймача (трансмітера/ресивера), які забезпечують бездротову радіопередачу на відстань до 1 км. Ці модулі використовують зовнішню антену, яка може бути встановлена безпосередньо на модуль або підключена за допомогою додаткових конекторів.

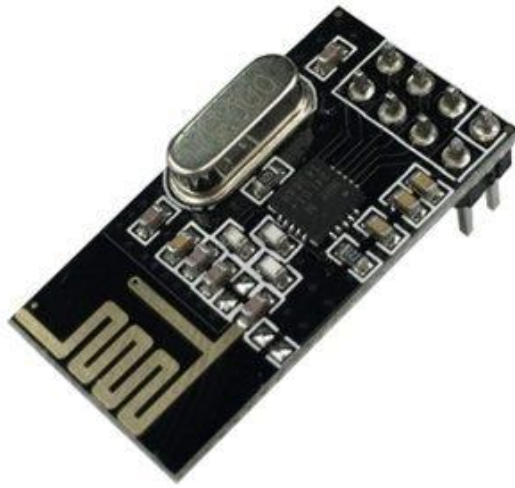


Рисунок 3.4 – Радіомодуль NRF24L01

На рисунку 3.5 зображений радіомодуль NRF24L01, який використовує додатковий трансмітер/приймач (PA + LNA).



Рисунок 3.5 – Радіомодулі NRF24L01 + PA + LNA

На практиці використання додаткових модулів дозволяє вирішити кілька проблем: забезпечення достатньої дальності дії, передачу значної кількості інформації, високу швидкість передачі та отримання даних. Додатковий модуль, відомий як трансивер, працює на частоті 2.4 ГГц, яка є стандартною для більшості сучасних WiFi-роутерів та телефонів. Такі трансивери відправляють і приймають пакети даних розміром кілька байт. Вони мають вбудовану корекцію помилок та можливість повторно відправити дані, якщо потрібно. Кожен окремий модуль

NRF24L01 може взаємодіяти одночасно з багатьма іншими модулями. На зовнішній стороні трансивера є вихід для підключення антени. Щоб покращити передачу даних, є можливість використовувати зовнішні антени рис. 3.6.



Рисунок 3.6 – Виносна антена трансивера

Дальність дії радіомодуля NRF24L01 з трансивером і антеною складає близько 1 кілометра. Вартість самого радіомодуля становить приблизно 60 гривень, а додаткових модулів і антени - 600 гривень.

Для повноцінної роботи радіомодулів NRF24L01 також потрібне живлення і мікроконтролер, наприклад, Arduino. У даному випадку, плата Arduino Micro (див. рис. 4.5) є найкомпактнішою з малою кількістю цифрових входів та виходів у середньому ціновому діапазоні. За результатами дослідження електронного ринку, Arduino Micro відповідає цим критеріям. Вона має 20 цифрових входів/виходів, кварцовий резонатор на 16 МГц та роз'єм micro-USB. Ціна такого контролера разом з конекторами становить близько 660 гривень.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		49

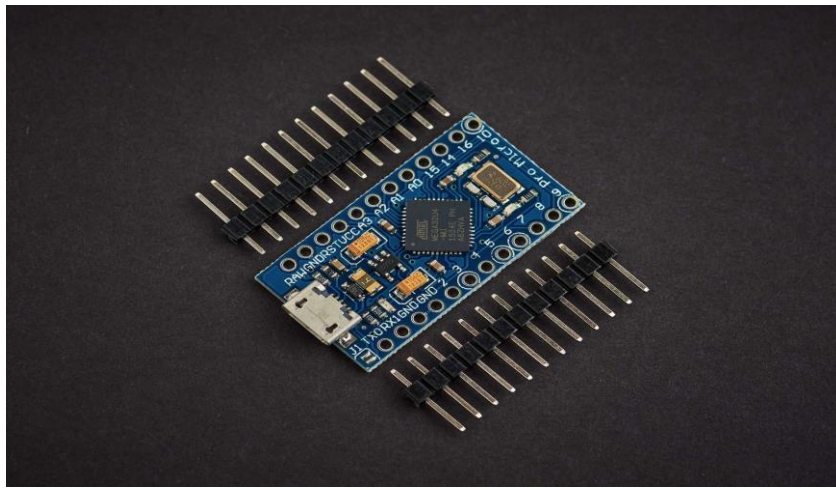


Рисунок 3.7 – Контролер Arduino Micro з конекторами

Для даного контролера програмне забезпечення описано в додатку В. Щодо живлення контролера, його можна забезпечити зі світлофору або іншого об'єкта, на якому він встановлюється, за допомогою простого перетворювача напруги.

### 3.5 Спосіб отримання і опрацювання даних на транспортному засобі

При розгляді другої складової системи рекомендованого режиму руху транспортного засобу варто відзначити, що ця частина є найбільш складною для виготовлення та впровадження рис. 3.8

Для передачі та отримання даних між світлофором та транспортним засобом необхідно обрати просте, економічне та раціональне рішення - використання радіомодулів з трансивером та антеною. Цей радіомодуль буде встановлюватись безпосередньо в транспортний засіб з попереднім налаштуванням для прийому даних від радіомодуля, що встановлений на об'єкті передачі даних. Передача даних може здійснюватись як від самого світлофора, так і від контрольного центру тощо.



Рисунок 3.8 – Отримання даних від світлофора на ТЗ (друга частина)

У додаток до отримання інформації зі світлофора, на транспортному засобі також буде оброблятися інформація з датчиків. З цією метою було запропоновано встановлювати контролер Arduino Mega на транспортний засіб рис. 3.9.

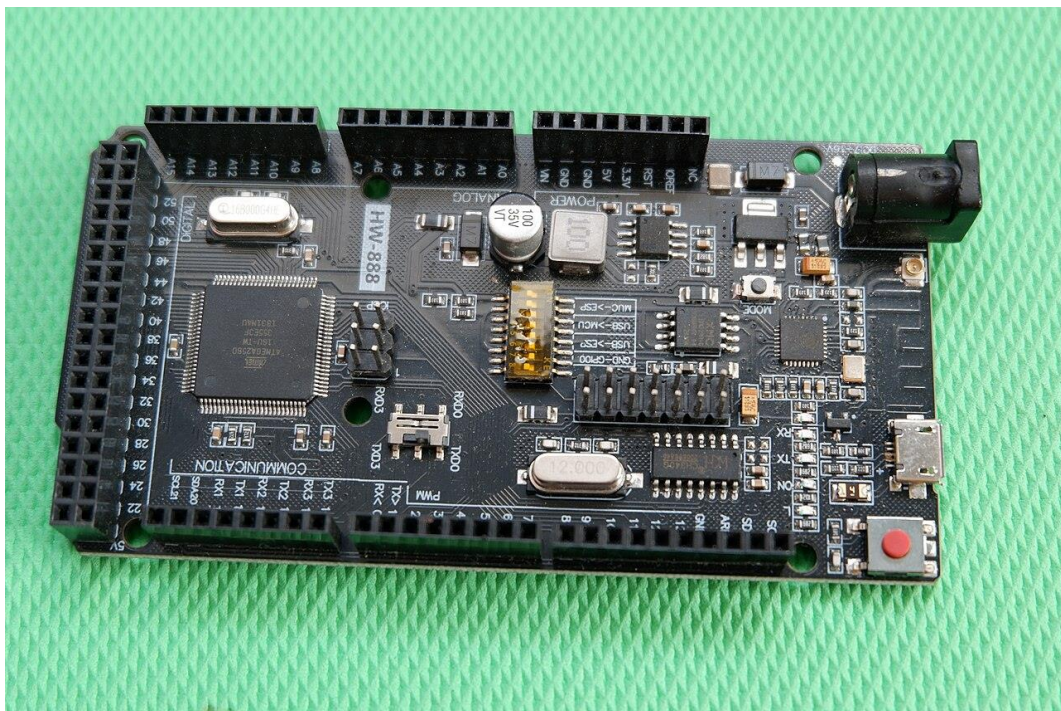


Рисунок 3.9 – Використання Arduino Mega

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Контролер Arduino Mega має всі необхідні компоненти для зручної роботи з мікроконтролером, включаючи 54 цифрових піна введення/виведення, 16 аналогових входів, 4 UART для послідовних інтерфейсів, USB-порт і роз'єм живлення.

Для контролера Arduino Mega, який встановлений на транспортному засобі, було розроблено програмне забезпечення (додаток В), яке дозволяє обробляти дані, що надходять з радіомодуля NRF24L01 від світлофора, аналогічним радіомодулем, що встановлений на транспортному засобі.

Дані також передаються на Arduino Mega з датчиків на транспортному засобі та з ЕБУ (електронного блоку управління) через OBD II (стандартний протокол діагностики автомобіля).

Для отримання даних про кут нахилу дороги з датчика на транспортному засобі можна використовувати триосевий акселерометр на мікросхемі ADXL345 рис. 3.10.

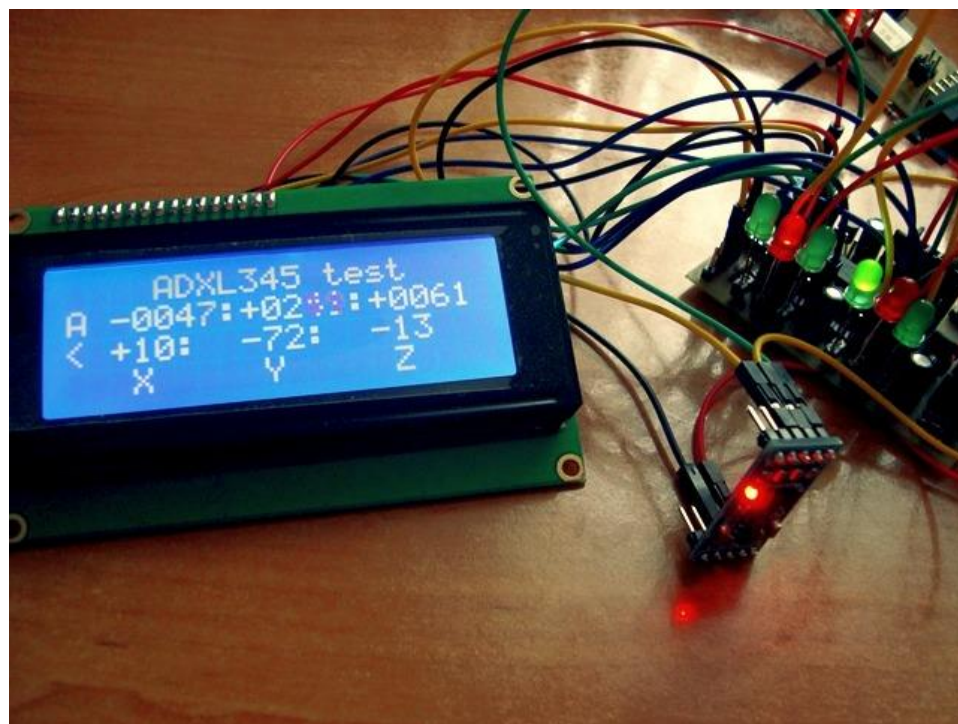


Рисунок 3.10 – Акселерометр на мікросхемі ADXL345

### 3.6 Програмне забезпечення для системи відображення рекомендованого режиму руху транспортного засобу

Для збільшення відсотку безупинного проїзду регульованих ділянок доріг необхідно розробити та налаштувати програмне забезпечення для використання запропонованої системи. У цьому контексті було розроблено комп'ютерну програму під назвою "Система відображення рекомендованого режиму руху транспортного засобу", додаток В.

Перед початком застосування програми необхідно налаштувати підключення до апаратної складової системи. У головному меню програми потрібно вказати тип використовуваної платформи (Board, Processor) та інтерфейс підключення (Port) рис. 3.11.

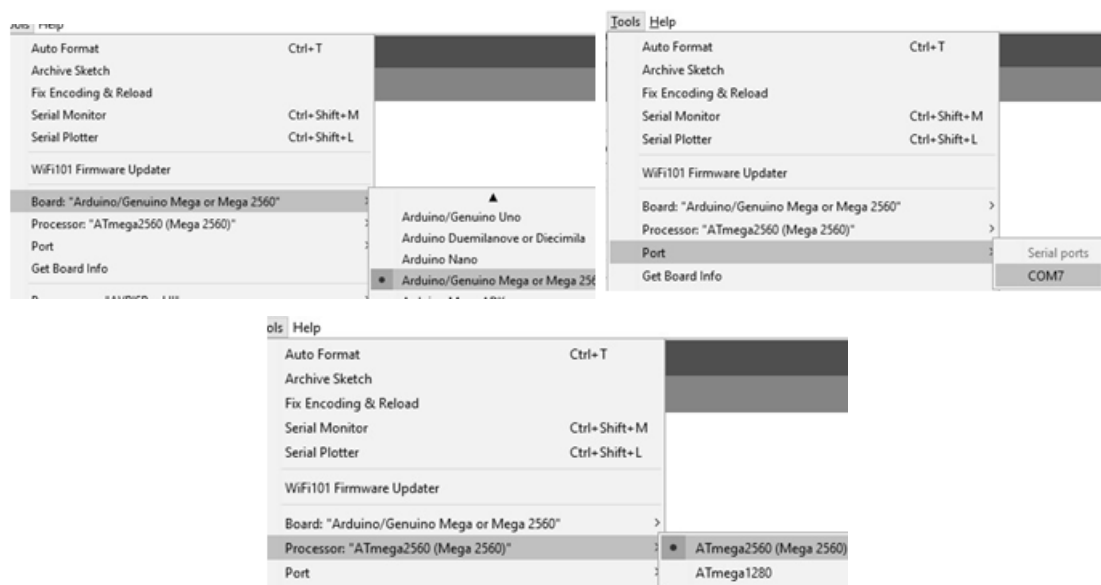


Рисунок 3.11 – Налаштування підключення програми до апаратної складової системи

Таблиця 3.2 – Початкові параметри для розрахунку

Код	Опис параметра, одиниці виміру
<u>green_col</u>	Режим роботи зеленого кольору світлофора, мс
ueallow_col1	Режим роботи жовтого кольору світлофора між зеленим та червоним, мс

Кінець таблиці. 3.2 - Початкові параметри для розрахунку

<u>red_col</u>	Режим роботи червоного кольору світлофора, мс
<u>yellow_col2</u>	Час роботи жовтого кольору світлофора між червоним та зеленим, мс
<u>d_wheel</u>	Радіус колеса автомобіля, м
<u>s_wheel</u>	Кількість зубців імпульсного кільця, зубчатого ротора, системи АБС автомобіля, шт
<u>ig</u>	Сповільнення, м/с <sup>2</sup>
<u>kv</u>	Коефіцієнт корекції обрахунку швидкості
<u>ks</u>	Коефіцієнт корекції обрахунку відстані

Далі, для завантаження та налаштування коду програми системи потрібно вибрати файл програми у форматі \*.ino за допомогою меню File - Open.

Щоб забезпечити належну роботу програми у режимі автономного режиму, необхідно встановити початкові значення змінних, які наведені у таблиці 3.2.

### 3.7 Параметри, що реєструються

На основі аналізу математичної моделі та результатів теоретичних досліджень встановлено, що найбільш цінними критеріями для оцінки роботи та ефективності процесу проїзду світлофорних об'єктів є дії, які виконуються системами транспортного засобу.

Тому під час експериментальних досліджень необхідно фіксувати наступні показники:

Швидкість руху транспортного засобу (початкова, з накатом, під час сповільнення, прискорення, кінцева).

1. режим роботи світлофора.
2. час сповільнення, прискорення та накату.
3. пройдений шлях.
4. прискорення або сповільнення.

Запис параметрів руху повинен здійснюватись неперервно з достатньо високою частотою дискретизації протягом всього руху транспортного засобу на регульованих ділянках дороги.

### 3.8 Результати системи

Як викладали в Розділі 2, реалізували дві з найбільш перспективних систем у стані досліджень, щоб продемонструвати потенціал нашої системи. Як і в інших частинах дисертації, порівнюємо нашу систему з Kim et al. [7] та Charette et al. [12]. Показуємо результати, використовуючи другу та третю 30% датасету для навчання та решту для тестування, з урахуванням проблем, згаданих у Розділі 2.2.

Використовуємо виявлення ліхтариків, поєднуючи сегментацію за кольором, морфологію Top-Hat та контекстуальну маску. Генеруємо кандидат для вікна, використовуючи розмір виявленого ліхтарика, і класифікуємо це вікно за допомогою класифікатора SVM, який навчений за вектором ознак, витягнених з регіону кандидата. Цей вектор включає просторову інформацію про світлофор, поділеного на три частини, із використанням LBP та колірних гістограм, а також ознак Haar.

У таблицях 3.3, 3.4, 3.5 показані результати, отримані для кожного з методів. Можна побачити, що продуктивність нашої системи є помітно кращою за точність та повноту в порівнянні з іншими реалізованими системами в обох різних маркуваннях. Однак наша система має вищий час виконання, особливо викликаний часом, витраченим на відстеження.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 3.3 - Таблиця результатів оцінки Kim et al. Система (Rel. LARA означає Relabeled LARA)

Ground Truth	Fraction for Training	TP	FP	FN	Precision	Recall
LARA	2nd 30%	1197	14622	3293	0.08	0.26
Rel. LARA	2nd 30%	2152	12015	3656	0.16	0.37
LARA	3rd 30%	4053	1254	1673	0.76	0.7
Rel. LARA	3rd 30%	2138	17313	5880	0.11	0.27

Таблиця 3.4 - Таблиця результатів оцінки Charette et al. Система (Rel. LARA означає Relabeled LARA).

Ground Truth	Fraction for Training	TP	FP	FN	Precision	Recall
LARA	2nd 30%	856	2782	2066	0.29	0.24
Rel. LARA	2nd 30%	1532	3235	4276	0.32	0.26
LARA	3rd 30%	696	3246	4129	0.14	0.18
Rel. LARA	3rd 30%	2817	4346	5201	0.39	0.35

Таблиця 3.5 - Таблиця результатів оцінки нашої системи (Rel. LARA означає Relabeled LARA).

Ground Truth	Fraction for Training	TP	FP	FN	Precision	Recall
LARA	2nd 30%	2099	958	7238	0.69	0.22
Rel. LARA	2nd 30%	2168	1186	3640	0.71	0.65
LARA	3rd 30%	2962	3156	2764	0.48	0.32
Rel. LARA	3rd 30%	4154	3455	3864	0.54	0.51

Наша система базується на класифікаторі SVM, і з нашою реалізацією вирішили деякі з обмежень інших систем.

У фазі виявлення точок зменшили кількість помилкових позитивних результатів, отриманих іншими системами, за рахунок генерації кандидатів на основі кольору після стадії навчання, на відміну від інших методів, які використовують простір кольорів градації сірого [12, 13] або ручне порогоування [7], які не можуть адаптуватися до інших наборів даних. Некероване розширення області, яке використовувалось у [12, 13], спричинює деякі помилкові виявлення, спричинені відбиванням світла. Також тестували цей алгоритм, обмежуючи зростання області за допомогою інформації про краї, але це все ще не вирішує проблеми далеких виявлень, оскільки краї цих виявлень не дуже чітко визначені, тому відкинули цей алгоритм, зменшивши велику кількість помилкових від'ємних результатів. На цій стадії додали контекстуальну маску, щоб уникнути виявлення в зонах, де не можуть з'являтися світлофори, наприклад, на дорозі, тротуарі. Використання цієї маски зменшило кількість помилкових позитивних результатів.

У етапі класифікації тестували густе генерування вікон-кандидатів, але це призвело до деяких помилок виявлення, спричинених методом оцінювання та кількістю навчальних зразків, використаних для визначення фону. Це питання більш детально пояснюється в Розділі 2.

Наша система використовує часове розуміння, включаючи метод відстеження на основі щільної генерації кандидатів вікон з використанням результатів розпізнавання світлофора попереднього кадру. Інші системи [7, 12] не включають цей етап, що призводить до мерехтіння виявлень. Ці помилки виникають на етапі виявлення ламп світлофора через відбивання світла і розмитість. Натомість наш метод відстеження зменшує кількість проміжних виявлень за рахунок щільної генерації кандидатів та можливості використовувати лише частково виявлене світлофорне світло та одночасно використовувати інші ознаки, що складають вектор ознак, для правильної класифікації світлофора.

У таблицях 3.3, 3.4, 3.5 можемо побачити, що наш метод має найкращі результати порівняно з іншими методами, через вищезгадані різниці. Щодо FP,

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

вважаємо, що вони виникають через погане визначення фону. У нашому випадку зменшили їх, використовуючи bootstrapping, але в [7] результати значно гірші, коли оцінюється система в цілому, на відміну від того, як оцінюється кожен етап окремо. Ця система більш чутлива до поганого формування кандидатів, оскільки розмір виявленої лампи світлофора визначає розмір тіла, і ця система, яка ґрунтується чисто на Haar-функціях, потребує ідеальної формації цього, що призводить до FN. Крім того, включення світлофорів, призначених для автобусів, у перевизначенні, створює проблеми для класифікації за допомогою Haar-функцій із використанням adaboost.

У випадку методу, запропонованого в [12], вони показали кращі результати в своїй статті, ніж , це спричинене деякими невіршеними неоднозначностями у цій статті. Крім того, ця стаття проводить оцінку для кожного треку. Це означає, що якщо світлофор впізнано принаймні один раз під час його курсу, воно вважається TP. У статті показуються результати лише в термінах точності та повноти, тому не можемо заповнити всю таблицю 3.6. З урахуванням цих різниць у реалізації, кількість FP, яку отримали, може не бути дуже інформативною. Але можемо показати, що повнота нашого методу значно краща, коли використовуємо оцінку на кожен кадр.

Таблиця 3.6 - Результати оцінювання за треками з використанням усього набору даних LARA. (NE не вказано)

Implementation	Evaluation	TP	FP	FN	Precision	Recall
Charette et al. [12]	Track	NE	NE	NE	0.62	0.94
Our implementation of [12]	Track	32	4933	2	0.01	0.94
Our implementation of [12]	Per Frame	1303	4933	5558	0.01	0.18

Наша система має довший час виконання, основною причиною чого є час, витрачений на відстеження об'єктів. У майбутніх версіях повинні покращити час

обчислення, вважаючи цю стадію гальмом нашої системи. Час, витрачений класифікатором, залежить від кількості виявлень на кадрі, і цей час змінюється для кожного обробленого кадру, як показано в таблиці 3.6.

### 3.9 Висновок

У даному дослідженні був запропонований програмно-апаратний засіб керування автомобілем. Цей засіб поєднує в собі передові технології, такі як штучний інтелект, машинне навчання та датчикові системи, для створення автоматизованої та інтелектуальної системи керування автомобілем.

Програмна частина засобу використовує алгоритми машинного навчання для аналізу даних з датчиків та навчання моделей прогнозування поведінки автомобіля на основі отриманих вхідних сигналів. Це дозволяє системі швидко реагувати на зміни дорожніх умов та приймати відповідні рішення щодо керування автомобілем.

Апаратна частина засобу включає в себе сучасні датчикові системи, такі як камери, радари та лазерні сканери, для збору інформації про навколишнє середовище та виявлення перешкод на дорозі. Ці дані використовуються для розрахунку оптимального маршруту, управління швидкістю та безпечного руху автомобіля.

Запропонований програмно-апаратний засіб керування автомобілем має потенціал покращити безпеку та комфорт керування, а також забезпечити ефективніше використання дорожньої інфраструктури. Дослідження в цьому напрямку може сприяти розвитку автономних автомобілів та розумних транспортних систем, що має велике значення для майбутнього автотранспорту.

Крім того, варто зазначити метод LARA, який використовується у запропонованому програмно-апаратному засобі керування автомобілем. Метод Лара є ефективним підходом до обробки та аналізу даних в режимі реального часу.

Метод Lara також дозволяє системі адаптуватися до змінних дорожніх умов і навчитися виявляти та уникали потенційних небезпек на дорозі. Це забезпечує

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

високу реактивність та точність системи керування автомобілем, що є ключовими факторами для забезпечення безпеки та комфорту пасажирів.

Також у 3 розділі роботи було розроблено програмне забезпечення для системи відображення рекомендованого режиму руху транспортного засобу використовуючі компоненти Arduino та інших радіомодулів які дали конкретно зрозуміти як працює підсистема розпізнавання світлофорів в смарт – автомобілі.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		60

## ВИСНОВКИ

У цій дипломній роботі запропонували метод обробки зображень для розпізнавання світлофорів. Метод потенційно може бути адаптований до різних форм та кольорів тіл світлофорів по всьому світу за допомогою методу генерації кандидатів, що базується на вивченні кольору, морфології та аналізу зв'язних компонентів, а також підсистеми класифікації, яка складається з багатофункціонального представлення, яке може бути розширене та змінене для включення більшої кількості інформації. Крім того, додали метод відстеження, який призначений для зменшення кількості інтермітентних виявлень та помилкових додаткових виявлень, що виникають при розмиванні зображень або відбиванні від поверхонь. Хоча іноді помилкові виявлення можуть бути передані на кілька кадрів підряд. Метод відстеження значно збільшує час виконання, але показали різні способи вирішення цієї проблеми. Реалізована система може розпізнавати світлофори на відстані більше 100 метрів.

Проаналізували наявні набори даних та створили програмне забезпечення для маркування з метою поліпшення якості контрольних даних. Порівняли нашу систему з іншими передовими методами, отримуючи кращу точність визначення на таких наборах даних, як LARA, включаючи переозначення даних LARA. Хоча процес вилучення ознак був складнішим і призводив до більш повільної класифікації.

					КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. A. Ait Ouallane, A. Bakali, A. Bahnasse, S. Broumi, M. Talea . Fusion of engineering insights and emerging trends: Intelligent urban traffic management system. *Journal Information Fusion*. 2022. Volume 88. P. 218-248. ISSN:1566-2535. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566253522000859>.
2. G. Chen, J. Zhang. Applying Artificial Intelligence and Deep Belief Network to predict traffic congestion evacuation performance in smart cities. *Journal Applied Soft Computing*. 2022. Volume 121. № 108692. ISSN: 1568-4946. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494622001569>.
3. W. Zhu. A spatial decision-making model of smart transportation and urban planning based on coupling principle and Internet of Things. *Journal Computers and Electrical Engineering*. 2022. Volume 102. № 108222. ISSN: 0045-7906. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790622004608>.
4. Heidari, N. Jafari Navimipour, M. Unal. Applications of ML/DL in the management of smart cities and societies based on new trends in information technologies: A systematic literature review. *Journal Sustainable Cities and Society*. 2022. Volume 85. № 104089. ISSN 2210-6707. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670722004061>.
5. Mohammad M. Abdellatif, Noura H. Elshabasy, Ahmed E. Elashmawy, Mohamed AbdelRaheem. A low cost IoT-based Arabic license plate recognition model for smart parking systems. *Journal Ain Shams Engineering*. 2023. Volume 14. № 102178. ISSN 2090-4479. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447923000679>.
6. H. Hou. Factors influencing smart facilities management – Stakeholder perspectives and the implication. *Journal Building Engineering*. 2023. Volume 75. № 106959. ISSN 2352-7102. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223011385>.
7. N. Baumgartner, K Weyer, L. Eckmann, W. Fichtner. How to integrate users into smart charging – A critical and systematic review. *Journal Energy Research*

					КВРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

& *Social Science*. 2023. Volume 100. № 103113. ISSN 2214-6296. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629623001731>.

8. L. Ramirez-Polo, A. Jimenez-Barros, V. Narváez, C. Parodi Daza. Simulation and Optimization of Traffic Lights For Vehicles Flow in High Traffic Areas. *Journal Procedia Computer Science*. 2022. Volume 198. P. 548-553. ISSN 1877-0509. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921025230>.

9. D. Pavlyuk, I. Jackson. Potential of vision-enhanced floating car data for urban traffic estimation. *Journal Transportation Research Procedia*. 2022. Volume 62. P. 366-373. ISSN 2352-1465. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146522001739>.

10. T. Wágner, T. Ormándi, T. Tettamanti, I. Varga. SPaT/MAP V2X communication between traffic light and vehicles and a realization with digital twin. *Journal Computers and Electrical Engineering*. 2023. Volume 106. № 108560. ISSN 0045-7906. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790622007753>.

11. A. Ouallane, A. Bahnasse, A. Bakali, M. Talea. Overview of Road Traffic Management Solutions based on IoT and AI. *Journal Procedia Computer Science*. 2022. Volume 198. P. 518-523. ISSN 1877-0509. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921025187>.

12. A. Khan, H. Sayed, S. Malik, M. Talha, N. Alkaabi, J. Khan. A journey towards fully autonomous driving - fueled by a smart communication system. *Journal Vehicular Communications*. 2022. Volume 36. № 100476. ISSN 2214-2096. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214209622000237>.

13. Suthir S, Pon Harshavardhanan, Kavitha Subramani, P. Senthil, T. Veena, Julia Faith S, Nivethitha V. Conceptual approach on smart car parking system for industry 4.0 internet of things assisted networks. *Journal Measurement: Sensors*. 2022. Volume 24. № 100474. ISSN 2665-9174. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665917422001088>.

14. D. Chen, Z. Lv. Artificial intelligence enabled Digital Twins for training autonomous cars. *Journal Internet of Things and Cyber-Physical Systems*. 2022. Volume 2. P. 31-41. ISSN 2667-3452. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667345222000116>.

					КВПКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		63

15. L. Gonçalves, L. Patrício. From smart technologies to value cocreation and customer engagement with smart energy services. *Journal Energy Policy*. 2022. Volume 170. № 113249. ISSN 0301-4215. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421522004682>.

16. M. Anedda, M. Fadda, R. Girau, G. Pau, D. Giusto. A social smart city for public and private mobility: A real case study. *Journal Computer Networks*. 2023. Volume 220. № 109464. ISSN 1389-1286. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128622004984>.

17. J. Chun-Wei, G. Srivastava, Y. Zhang. Special Issue Editorial: Advances in Computational Intelligence for Perception and Decision-Making for Autonomous Systems. *Journal ISA Transactions*. 2023. Volume 132. P. 1-4. ISSN 0019-0578. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019057823000319>.

18. Z. Qiu, J. Martínez-Sánchez, P. Arias-Sánchez, R. Rashdi. External multi-modal imaging sensor calibration for sensor fusion: A review. *Journal Information Fusion*. 2023. Volume 97. № 101806. ISSN 1566-2535. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S156625352300115X>.

19. A. Mangipinto, F. Lombardi, F. Davide, M. Pavičević, S. Quoilin, E. Colombo. Impact of mass-scale deployment of electric vehicles and benefits of smart charging across all European countries. *Journal Applied Energy*. 2022. Volume 312. № 118676. ISSN 0306-2619. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261922001416>.

20. M. Veeramanickam, B. Venkatesh, Laxmi A., Bewoor, W. Bhowte, K. Moholkar, Jyoti L. Bangare. IoT based smart parking model using Arduino UNO with FCFS priority scheduling. *Journal Measurement: Sensors*. 2022. Volume 24. № 100524. ISSN 2665-9174. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665917422001581>.

21. Z. Liu, Y. Gao, B. Liu. An artificial intelligence-based electric multiple units using a smart power grid system. *Journal Energy Reports*. 2022. Volume 8. P. 13376-13388. ISSN 2352-4847. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722018625>.

					КВПКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

22. I. Chomiak-Orsa, P. Domagała, A. Greńczuk, W. Grzelak, K. Hauke, A. Kotwica, K. Perechuda, M. Pondel. Open Data for simulation to determine the efficient management of parking spaces in Smart City. Journal *Procedia Computer Science*. 2022. Volume 207. P. 3625-3634. ISSN 1877-0509. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922013151>.

23. S. Behera, M. Narayan. Artifact removal using deep WVFLN for brain signal diagnosis through IoMT. Journal *Measurement: Sensors*. 2022. Volume 24. № 100465. ISSN 2665-9174. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266591742200099X>.

24. T. Ablyazov, V. Asaul. Development of the Arctic transport infrastructure in the digital economy. Journal *Transportation Research Procedia*. 2021. Volume 57. P 1-8. ISSN 2352-1465. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146521006451>.

25. C. Coman, A. Rusca, E. Rosca, S. Burciu, F. Rusca. The influence of smart equipment Smart Hub over highway traffic in the Romanian border points. Journal *Transportation Research Procedia*. 2022. Volume 64. P. 157-165. ISSN 2352-1465. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146522006330>.

26. M. Kalynychenko, A. Stepanov, H. Shmarlouskaya, T. Egorushkina, O. Mishchuk, S. Judin, D. Boroukhin. Harmonious interaction of a smart organization and a smart city to activate digital transformations. Journal. *Transportation Research Procedia*. 2022. Volume 63. P. 2243-2250. ISSN 2352-1465. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146522005099>.

27. D. Ushakov, E. Dudukalov, E. Kozlova, K. Shatila. The Internet of Things impact on smart public transportation. Journal *Transportation Research Procedia*. 2022. Volume 63. P. 2392-2400. ISSN 2352-1465. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146522005300>.

28. S. Faruque, A. Fonzone, G. Fountas. Explaining expected non-shared and shared use of driverless cars in Edinburgh. Journal *Transportation Research Procedia*. 2022. Volume 62. P. 286-293. ISSN 2352-1465. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146522001636>.

					КВПКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

29. M. Miani, M. Dunnhofer, C. Micheloni, A. Marini, N. Baldo. Young drivers' pedestrian anti-collision braking operation data modelling for ADAS development. Journal *Transportation Research Procedia*. 2022. Volume 60. P. 432-439. ISSN 2352-1465. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146521009571>.

30. D. Ushakov, E. Dudukalov, L. Shmatko, K. Shatila. Artificial Intelligence as a factor of public transportations system development. Journal *Transportation Research Procedia*. 2022. Volume 63. P. 2401-2408. ISSN 2352-1465. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146522005312>.

					КВРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		66

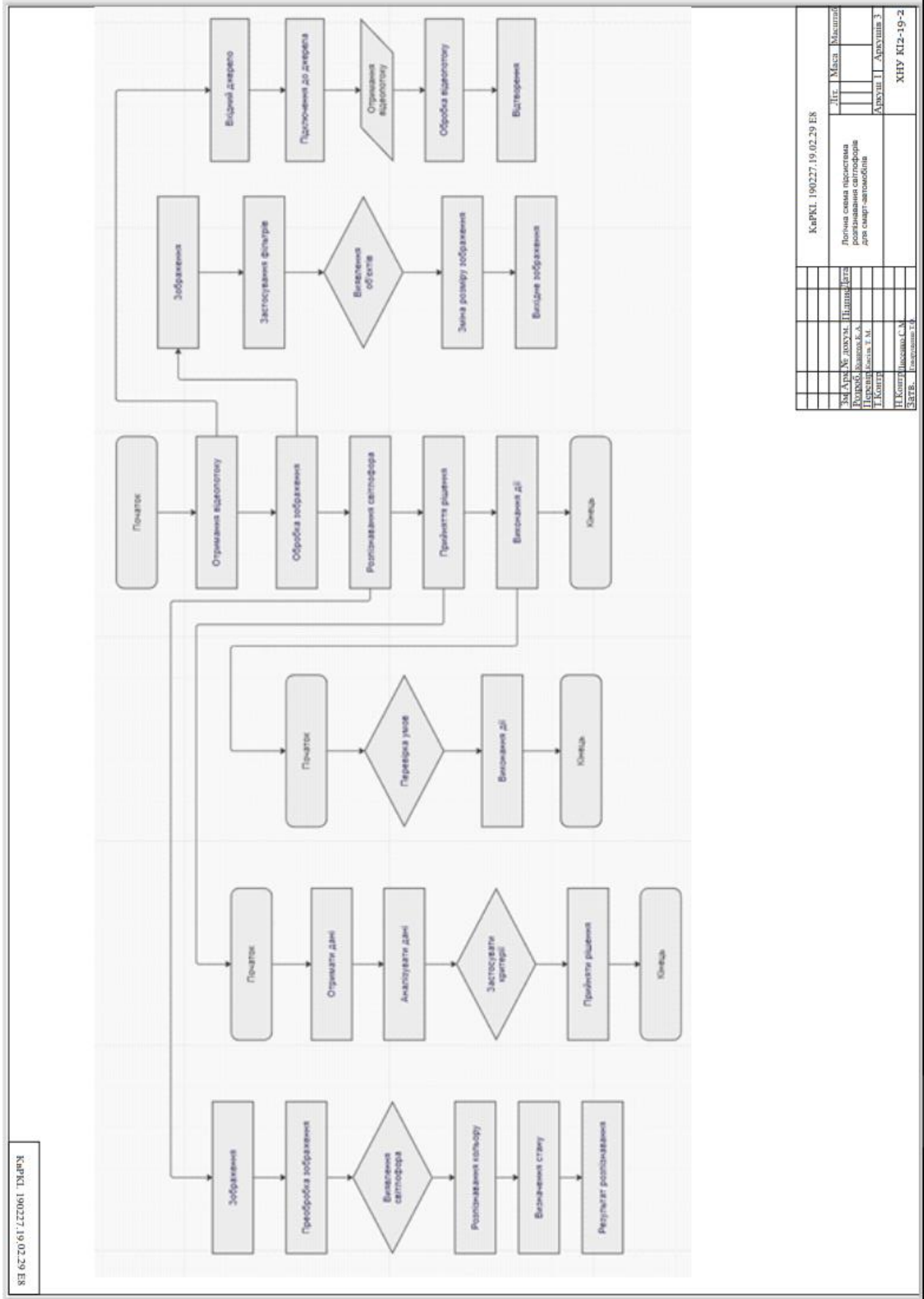
КвРКІ. 190227.19.02.29 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Куденчук К.А.			Підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів.	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Кисіль Т.М.						57
Н.контр.		Лисенко С.М.			Пояснювальна записка	ХНУ, КІ-19-2		
Затвер.		Говорущенко Т.О.						



**Додаток Б**  
(обов'язковий)

Копія креслення «Логічна схема підсистема розпізнавання світлофорів для  
смарт-автомобілів»



Додаток В  
(обов'язковий)

Копія креслення «Логічна Блок-схема підсистеми комп'ютерного зору»



**Додаток Г**  
Лістинг коду

```
#include <SD.h>

#include <Wire.h>

#include <OBD.h>

#include <SoftwareSerial.h>

#include <SPI.h>

/* * SD card attached to SPI bus as follows:

** MOSI - pin 51

** MISO - pin 50

** CLK - pin 52

** CS - pin 53

*/

COBD obd;

File myFile;

boolean force = 0;

boolean start = 0;

int red_led = 5;

int green_led = 4;

int yellow_led = 6;

int led_r11 = 31;

int led_r12 = 29;

int led_r13 = 27;

int led_r14 = 25;

170
```

```
int led_r15 = 23;
int led_r21 = 30;
int led_r22 = 28;
int led_r23 = 26;
int led_r24 = 24;
int led_r25 = 22;
int led_y1 = 41;
int led_y2 = 40;
int a1 = 0;
int a2 = 0;
long green, cycle, n_rpm, n_imp;
long green_col=15000;
long yeallow_col1=5000;
long red_col=22000;
long yeallow_col2=5000;
int pos=1;
unsigned long time10, interval, time_force, time_cycle, times, m_impuls,
m_speed, m_distance;
int impuls = 2;
long count = 0;
int led = 13;
double spd, spd_1, ds, S, S_sum, S_start, a, b, c, D, tg, j, s;
double d_wheel = 0.3;
byte s_wheel = 43;
double jg = 1.5;
```

```
double ks = 1;
double kv = 1;
double k_kf = 1;
double k_f = 0.007;
String filename = "1.txt";
171
unsigned long time_start = 0;
unsigned long time_end = 0;
double Qc, Qsm, Qmg, Qsum, Qser;
int num_name = 1;
void impuls_count() {
  //if (digitalRead(impuls) == HIGH) {
  // digitalWrite(led, HIGH);
  count++;
  // Serial.println("ABS Impuls OK");
  // } else digitalWrite(led, LOW);
}
void time_rising() {
  times = micros() - time_start;
  time_start = micros();
  if (force == 0) time_cycle = times; else time_force = times;
  if (time_cycle < time_force)
  {
    times = time_cycle;
    time_cycle = time_force;
  }
}
```

```

time_force = times;

force = !force;

}

Qc = k_kf * k_f * time_force/1000;

// Serial.print("Qc =");

// Serial.println(Qc);

Qsum += Qc;

force = !force;

//Serial.println("Force OK");

172

}

void testOut()

{

static const char cmds[][6] = {"ATZ\r", "ATI\r", "ATH0\r", "ATRV\r"};

char buf[128];

for (byte i = 0; i < sizeof(cmds) / sizeof(cmds[0]); i++) {

const char *cmd = cmds[i];

Serial.print("Sending ");

Serial.println(cmd);

if (obd.sendCommand(cmd, buf, sizeof(buf))) {

char *p = strstr(buf, cmd);

if (p)

p += strlen(cmd);

else

p = buf;

```

```
while (*p == '\r') p++;

while (*p) {

Serial.write(*p);

if (*p == '\r' && *(p + 1) != '\r')

Serial.write('\n');

p++;

}

Serial.println();

} else {

Serial.println("Timeout");

}

delay(1000);

}

173

Serial.println();

}

void SDstartOver()

{

myFile = SD.open(filename, FILE_WRITE);

if (myFile) {

myFile.print("Time (ms)\t");

myFile.print("S sum (m)\t");

myFile.print("V abs (m/s)\t");

//myFile.print("V obd (m/s)\t");

myFile.print("J (m/s2)\t");
```

```
myFile.print("Engine RPM\t");
//myFile.print("Engine Load (%)\t");
myFile.print("Intake Pressure (kPa)\t");
myFile.print("Throttle Position (%)\t");
myFile.print("T force (mks)\t");
myFile.print("T cycle (mks)\t");
myFile.print("Q fc\t");
myFile.print("Q mg\t");
myFile.print("Q sm\t");
myFile.print("Q ser\t");
myFile.print("Ssv (m)\t");
myFile.println("Tg (s)");
} else Serial.println("Not Opened");
myFile.close();
}
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  174
  S_sum = 0; Qsum = 0;
  pinMode(green_led, OUTPUT);
  pinMode(red_led, OUTPUT);
  pinMode(yellow_led, OUTPUT);
  pinMode(impuls, INPUT);
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(led_r11, OUTPUT); pinMode(led_r21, OUTPUT);
```

```
pinMode(led_r12, OUTPUT); pinMode(led_r22, OUTPUT);
pinMode(led_r13, OUTPUT); pinMode(led_r23, OUTPUT);
pinMode(led_r14, OUTPUT); pinMode(led_r24, OUTPUT);
pinMode(led_r15, OUTPUT); pinMode(led_r25, OUTPUT);
pinMode(led_y1, OUTPUT); pinMode(led_y2, OUTPUT);
pinMode(3,INPUT);

pinMode(A1,INPUT); //Start
pinMode(A2,INPUT); //Reset

attachInterrupt(0,impuls_count, RISING);
attachInterrupt(1,time_rising, CHANGE);

//*****

byte version = obd.begin();
Serial.print("Freematics OBD-II Adapter ");
if (version > 0) {
Serial.print("Ver. ");
Serial.print(version / 10);
Serial.print('.');
Serial.println(version % 10);
} else {
Serial.println("not detected");
for (;;)
}Serial.println("Start");
175
delay(500);
testOut();
```

```
// initialize OBD-II adapter

char buf[64];

if (obd.getVIN(buf, sizeof(buf))) {

Serial.print("VIN:");

Serial.println(buf);

}

unsigned int codes[6];

byte dtcCount = obd.readDTC(codes, 6);

if (dtcCount == 0) {

Serial.println("No DTC");

} else {

Serial.print(dtcCount);

Serial.print(" DTC:");

for (byte n = 0; n < dtcCount; n++) {

Serial.print(' ');

Serial.print(codes[n], HEX);

}

Serial.println();

}

delay(500);

//*****

if (!SD.begin(53)) {

Serial.println("SD card not found!");

return;

}
```

```

Serial.println("SD ready!");

bool noexist = true;

176

while (noexist)
{
filename = String(num_name) + ".txt";
if (SD.exists(filename)) num_name++; else noexist = false;
}

SDstartOver();

/* SD.open(filename);

boolean flag = 0;

while (flag == 0) {
filename = "OBD" + String(millis()) + "0.txt";
SD.open(filename);
if (myFile) flag = 0; else flag = 1;
myFile.close();
} */

cycle = green_col + yeallow_col1 + red_col + yeallow_col2;

time10 = interval = millis();

ds = 2*PI*d_wheel/s_wheel;

if (time_force > time_cycle) force = !force;
}

void loop(){
// digitalWrite(led, state);

if (digitalRead(A1) == 1) {

```

```
start = 1;
s = 200;
tg = -1;
num_name++;
filename = String(num_name)+".txt";
SDstartOver();
}
```

177

```
if (digitalRead(A2) == 1) {
  S_sum = 0;
  Qsum = 0;
  num_name++;
  filename = String(num_name)+".txt";
  SDstartOver();
  start = 0;
}
// myFile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
int value;
// msg[0] = cycle/1000;
// msg[1] = pos;
green = (cycle - (millis()-time10))/1000;
// msg[2] = green;
if (millis()-time10 > cycle){
  time10 = millis();
} else
```

```
if (millis()-time10 > green_col+yellow_col1+red_col) {  
pos=22;  
digitalWrite(red_led, LOW);  
digitalWrite(yellow_led, HIGH);  
digitalWrite(green_led, LOW);  
} else  
if (millis()-time10 > green_col+yellow_col1) {  
pos=3;  
digitalWrite(red_led, HIGH);  
digitalWrite(yellow_led, LOW);  
digitalWrite(green_led, LOW);  
} else  
if (millis()-time10 > green_col) {  
178  
pos=21;  
digitalWrite(red_led, LOW);  
digitalWrite(yellow_led, HIGH);  
digitalWrite(green_led, LOW);  
} else  
{  
pos=1;  
digitalWrite(red_led, LOW);  
digitalWrite(yellow_led, LOW);  
digitalWrite(green_led, HIGH);  
}
```

```

if (millis() - interval > 100) {

n_imp = count;

S = ks * ds * n_imp;

S_sum += S;

Serial.print("S = ");

Serial.println(S_sum);

spd_1 = spd;

spd = 1000 * kv * S / (millis() - m_impuls);

Serial.print("V = ");

Serial.println(spd);

j = 1000 * fabs(spd_1 - spd) / (millis() - m_impuls);

Serial.print("j = ");

Serial.println(j);

int time_step = millis() - m_impuls;

m_impuls = millis();

count = 0;

if (obd.readPID(PID_RPM, value)) {

n_rpm = value;

179

}

Serial.print("RPM = ");

Serial.println(n_rpm);

Qmg = 30 * Qc * n_rpm;

Serial.print("Qmg =");

Serial.println(Qmg);

```

```

if (spd > 0){
Qsm = 833 * Qc * n_rpm / spd;
Serial.print("Qsm =");
Serial.println(Qsm);
}
if (S_sum>0){
Qser = 100000 * Qsum / S_sum;
Serial.print("Qser =");
Serial.println(Qser);
}
//*****

s -= ks * ds * n_imp;
Serial.print("s = ");
Serial.println(s);
if (start == 1){
//s -= ks * ds * n_imp;
a = -0.5 * jg;
b = jg * green;
c = s - spd * green;
D = b * b - 4 * a * c;
if (D > 0) tg = (-b + sqrt(D))/(2 * a);
/*if (D == 0 || D < 0 || tg < 0) {
green += cycle;
180
b = jg * green;

```

```
c = s - spd * green;
D = b * b - 4 * a * c;
if (D > 0) tg = (-b + sqrt(D))/(2 * a);
}*/
digitalWrite(led_y1,1);
digitalWrite(led_y2,1);
//Serial.print("s = ");
//Serial.print(s);
Serial.print("tg = ");
Serial.println(tg);
if (tg>0) {
digitalWrite(led_r11,1);
digitalWrite(led_r12,1);
digitalWrite(led_r13,1);
//tg
} else start = 0;
if (s<20) start = 0;
m_speed = millis();
if (j < 0.01) {
digitalWrite(led_r21,0);
digitalWrite(led_r22,0);
digitalWrite(led_r23,0);
digitalWrite(led_r24,0);
digitalWrite(led_r24,0);
} else
```

```
if (j < 0.51) {  
    digitalWrite(led_r21,1);  
    digitalWrite(led_r22,0);  
    digitalWrite(led_r23,0);  
181  
    digitalWrite(led_r24,0);  
    digitalWrite(led_r24,0);  
    } else  
if (j < 1.01) {  
    digitalWrite(led_r21,1);  
    digitalWrite(led_r22,1);  
    digitalWrite(led_r23,0);  
    digitalWrite(led_r24,0);  
    digitalWrite(led_r24,0);  
    } else  
if (j < 1.51) {  
    digitalWrite(led_r21,1);  
    digitalWrite(led_r22,1);  
    digitalWrite(led_r23,1);  
    digitalWrite(led_r24,0);  
    digitalWrite(led_r24,0);  
    } else  
if (j < 2.01) {  
    digitalWrite(led_r21,1);  
    digitalWrite(led_r22,1);
```

```
digitalWrite(led_r23,1);  
digitalWrite(led_r24,1);  
digitalWrite(led_r24,0);  
} else {  
digitalWrite(led_r21,1);  
digitalWrite(led_r22,1);  
digitalWrite(led_r23,1);  
digitalWrite(led_r24,1);  
digitalWrite(led_r24,1);
```

```
}
```

```
182
```

```
} else {  
digitalWrite(led_y1,0);  
digitalWrite(led_y2,0);  
digitalWrite(led_r11,0);  
digitalWrite(led_r12,0);  
digitalWrite(led_r13,0);  
digitalWrite(led_r21,0);  
digitalWrite(led_r22,0);  
digitalWrite(led_r23,0);  
digitalWrite(led_r24,0);  
digitalWrite(led_r24,0);  
}
```

```
myFile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
```

```
if (myFile) {
myFile.print(time_step);
myFile.print("\t");
myFile.print(S_sum);
myFile.print("\t");
myFile.print(spd);
myFile.print("\t");
/*if (obd.readPID(PID_SPEED, value)) {
myFile.print(value);
myFile.print("\t");
}*/
myFile.print(j);
myFile.print("\t");
myFile.print(n_rpm);
myFile.print("\t");
/* if (obd.readPID(PID_ENGINE_LOAD, value)) {
myFile.print(value);
183
myFile.print("\t");
Serial.print("Engine Load OK");
}*/
if (obd.readPID(PID_INTAKE_MAP, value)) {
myFile.print(value);
myFile.print("\t");
Serial.print("Intake OK");
```

```

}
if (obd.readPID(PID_THROTTLE, value)) {
myFile.print(value);
myFile.print("\t");
Serial.print("Throttle OK");
}
myFile.print(time_force);
myFile.print("\t");
time_cycle += time_force;
Serial.print("Time Cycle OK");
myFile.print(time_cycle);
myFile.print("\t");
myFile.print(Qc);
myFile.print("\t");
myFile.print(Qmg);
myFile.print("\t");
myFile.print(Qsm);
myFile.print("\t");
myFile.print(Qser);
myFile.print("\t");
myFile.print(s);
myFile.print("\t");
if (start == 1) myFile.println(tg); else myFile.println("-");
184
//myFile.println("*****");

```

```
}  
myFile.close();  
//count = 0;  
interval = millis();  
}  
}
```

Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

ID перевірки:  
1015473859

Дата перевірки:  
07.06.2023 08:25:28 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
07.06.2023 08:25:48 EEST

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Куденчук\_Підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів

Кількість сторінок: 67 Кількість слів: 12321 Кількість символів: 97482 Розмір файлу: 4.51 MB ID файлу: 1015132063

## 2.35% Схожість

Найбільша схожість: 1.01% з Інтернет-джерелом (<https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1755/dismazylyuk>).

2.12% Джерела з Інтернету

57

Сторінка 69

1.3% Джерела з Бібліотеки

131

Сторінка 69

## 0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Посилання

1

Сторінка 69

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

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

Замінені символи

2

## Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 10%

ID: 115009 Назва: БКР Підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів Додано в БД: 2023-06-07 Автора: К.А.Куденчук Керівники: Т.М. Кисіль Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	89932	681	408 (0%)	6 (1%)

### Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

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

Куденчук Кирил Анатолійович

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-19-2

### ЗАЯВА

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

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

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

*22 травня*

Дата



Підпис

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

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

Назва: Підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів

Автор: Куденчук Кирил Анатолійович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Кисіль Тетяна Миколаївна, к.ф.-м.н., доц.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

**Підтвердження:**

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

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з багатьма джерелами на один фрагмент речення;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 2.35% і адресується до 57 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПС



Т. М. Кисіль

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко

## РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Куденчук Кирил Анатолійович

Тема: Підсистема розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень  3  Кількість сторінок записки  68

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка підсистеми розпізнавання світлофорів для смарт-автомобілів.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області: розглянуто сучасний стан проблеми. Розглянуто різні методи та підходи, що використовуються для розпізнавання світлофорів у смарт-автомобілях, в тому числі і методи машинного навчання. В другому розділі кваліфікаційної роботи було використано статистичним метод Шаретта для аналізу даних, що дозволило встановити ступінь залежності між двома категоріальними змінними що впливають на розумний транспорт і урбаністичне планування. В третьому розділі кваліфікаційної роботи запропоновано архітектуру підсистеми, що включає різні датчики та контролери..
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.
5. Негативні сторони роботи: слід було більше приділити увагу архітектурі системи .
6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на достатньому технічному рівні.

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: добре/С/4.00

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Гурман

Юлія Василівна, доцент кафедри ІТЗ

"7" серпня 2023 р.

 (підпис)