

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

Другий (Магістерський)

Освітній рівень

Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації

Шифр і назва спеціальності

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва спеціальності

на тему **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ
ОБ'ЄКТІВ В СИСТЕМАХ ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ**

ДРТР.215037.01.18.ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група ТР_м-19-1



підпис

М. С. Бродюк

Ініціали, прізвище

Керівник: к.т.н., доцент



підпис

В. І. Стецюк

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, доцент



підпис

С. К. Підченко

Ініціали, прізвище

7 грудня 2020 р.

Хмельницький, 2020

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем
Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій
Освітній рівень другий (магістерський)
Галузь знань 17 – Електроніка та телекомунікації
Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка
Освітня-професійна програма Телекомунікації, медійні та інтелектуальні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ 
Зав. кафедрою _____
Підченко С. К.
« 2 » Вересня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Бродюку Михайлу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: математичне моделювання, виявлення та ідентифікація об'єктів в системах відеоспостереження

керівник роботи Стецюк Віктор Іванович к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові) (науковий ступінь, вчене звання)

Затверджено наказом по університету від «01» вересня 2020 р. № 118.

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: 02.12.2020 р.

3. Вихідні дані (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)

Мета роботи підвищення ефективності розпізнавання та ідентифікації об'єктів в системах відеоспостереження

Об'єкт дослідження процеси прийому, аналізу та ідентифікації зображень

Предмет дослідження системи відеоспостереження

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

1) провести огляд існуючих систем відеоспостереження та здійснити їх детальний аналіз

2) сформуванню математичний апарат для аналізу та ідентифікації зображень

3) розробити алгоритм детектування номерних знаків транспортних засобів

запропонувати структурну схема сучасної системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів

4) запропонувати структурну схема сучасної системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів

Завдання отримав  Бродюк М. С.

Науковий керівник  Стецюк В. І.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	6
Вступ	7
1. Аналіз літературних та електронних джерел за темою дослідження ...	12
1.1. Існуючі системи визначення номерних знаків автомобілів	12
1.2. Види і класифікація номерних знаків транспортних засобів	18
Висновки до розділу 1	23
2. Математична модель ідентифікації номерних знаків транспортних засобів	24
2.1. Постановка задачі	24
2.2. Детектування номерних знаків транспортних засобів	25
2.3. Сегментація текстових символів	31
2.4. Бінаризація	35
2.5. Класифікація текстових символів.....	41
2.6. Визначення ключових особливостей зображення.....	43
Висновки до розділу 2	48
3. Алгоритмічне забезпечення ідентифікації номерних знаків транспортних засобів	50
3.1. Алгоритм оптимальної ідентифікації	50
3.2. Основні параметри об'єктів ідентифікації	53
3.3. Розробка основних алгоритмів ідентифікації НЗТЗ	57
Висновки до розділу 3	64
4. Застосування розроблених методів моделювання	65
4.1. Структурна схема системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів	65
4.2. Технічне забезпечення систем ідентифікації	66
4.2.1. Відеокамери	66
4.2.2. Додаткові системи ІЧ-підсвічування	67
Висновки до розділу 4	70

Висновки	71
Бібліографічний список	73
Додатки	75
Додаток А. Номерні знаки України	75
Додаток Б. Номерні знаки країн світу	85
Додаток В. Слайди презентації	91
Додаток Г. Копія публікації	104

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БД –	база даних
ДАІ –	державна автомобільна інспекція
ЄС –	Європейський Союз
НЗ –	номерний знак
НЗТЗ –	номерний знак транспортного засобу
ПК (PC) –	персональний комп'ютер (personal computer)
ТЗ –	транспортний засіб
IP –	Internet Protocol (мережевий та міжмережевий протокол)
DVR –	Digital Video Recorder (цифровий відеореєстратор)
HUB –	мережевий розгалужувач
RTSP –	Real Time Streaming Protocol (протокол потокової передачі відео в реальному масштабі часу)
USB –	Universal Serial Bus (універсальна послідовна шина)
Wi-Fi	Wireless Fidelity (технологія бездротової локальної мережі)

ВСТУП

Актуальність теми.

Сьогодні людство спостерігає стрімкий процес розвитку інформаційних технологій. Причому це стосується всіх галузей народного господарства, виробництва та побуту. В тому числі області підвищення безпеки руху та вдосконалення дорожньої обстановки, де також відбувається впровадження новітніх інтелектуальних технологій. Як правило, вони представляють набір взаємопов'язаних функціональних систем, таких як система збору інформації в інтеграції з різноманітними базами даних. Сюди слід віднести IP-камери та хмарні технології, різноманітні пристрої реєстрації, ідентифікації та детектування. Однак в реальних умовах всі ці системи працюють при різних умовах зовнішнього впливу, тому і підхід до проектування подібних систем може досить сильно відрізнятися, враховуючи ті чи інші обставини. Більшість існуючих на сьогоднішній день систем ідентифікації працюють на вирішення двох основних задач: отримання інформації (фото, відео, аудіо) та його подальшого аналізу. Це стосується і апаратної частини, яка містить відповідні підсистеми, від яких буде залежати кінцевий результат та якісні параметри системи.

На сучасному етапі розвитку системи розпізнавання та ідентифікації номерних знаків транспортних засобів (НЗТЗ) можна виділити два основні підходи до одержання і пост обробки вхідної інформації:

- застосування пристроїв відеозапису сигналів аналогових камер в поєднанні з комп'ютерною технікою. Недоліком таких систем є апаратне обмеження кількості підключених камер і низька роздільна здатність;

- застосування IP-відеокамер і сучасних мережних технологій, тобто цифрової обробки і передачі інформації. Дані системи характеризуються високою швидкодією, можливість нескінченно нарощувати апаратні можливості, якістю сигналів та сучасними цифровими методами їх аналізу. До

складу подібних систем входять потужні мікроконтролери та цифрові сигнальні процесори. Фактично кожна камера являється окремим комп'ютером із встановленою операційною системою та широкими програмними можливостями, до яких відносяться компресія, кодування та трансляції відеопотоків.

Однак, яка би із систем не була застосована, в реальних умовах приходиться працювати з цілим рядом заважаючих зовнішніх факторів, таких як освітлення ракурсу зйомки, робота з динамічними об'єктами, різноманітні шуми і завади, тощо. Тому, для того, щоб отримати високу точність ідентифікації НЗТЗ необхідно розробити відповідні алгоритми для вирішення задач виявлення корисної інформації в присутності шумів, при низькій різкості та контрастності зображення, помилковому балансуванні білого та інших типах завад, які виникають в рамках прийому і обробки візуальної інформації.

Згідно проведеного аналізу, велика кількість робіт [4, 5, 8-11, 14, 15, 17], присвячена методам обробки статичних та динамічних зображень, прийому сигналів з високим рівнем шуму, ідентифікації та розпізнаванню символів, цифрової обробки та фільтрації, тощо.

На сьогоднішній день досягнуто значних успіхів при побудові систем відеофіксації та системи визначення номерних знаків транспортних засобів. Однак існує ряд невирішених проблем, наприклад одночасної ідентифікації багатьох об'єктів, обробка інформації динамічних об'єктів та фоні високого рівня завад, робота з великими масивами відеопотоків, проблеми положення об'єкта в кадрі, тощо. Аналіз сучасної науково-технічної літератури показує, що одними з перспективних підходів виявлення текстових символів на цифрових зображеннях є методи, ґрунтовані на визначенні ключових особливостей опорних груп пікселів на цифровому зображенні, обчислення дескрипторів потрібних ділянок, тощо.

Для задач розподілення об'єктів актуальним залишається пошук оптимальних алгоритмів, які дозволяють ідентифікувати НЗТЗ в умовах наявності завад на зображеннях. Тому на сучасному рівні розвитку науки і

техніки розробка та аналіз алгоритмів виявлення, сегментації та класифікації символів представляють актуальні завдання. Область застосування методів розпізнавання образів, обробки фото та відеоматеріалів досить широка. Але в рамках даної роботи особливу цікавість представляє розпізнавання номерних знаків транспортних засобів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Магістерська робота виконана відповідно до поточних та перспективних планів наукової роботи Хмельницького національного університету, кафедри телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій за тематикою прийому, виявлення, обробки, аналізу та ідентифікації об'єктів в системах відеоспостереження.

Мета роботи і задачі дослідження.

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності розпізнавання та ідентифікації об'єктів в системах відеоспостереження.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані наступні задачі:

- 1) провести огляд існуючих систем відеоспостереження та здійснити їх детальний аналіз;
- 2) сформувати математичний апарат для аналізу та ідентифікації зображень;
- 3) розробити алгоритм детектування номерних знаків транспортних засобів;
- 4) запропонувати структурну схему сучасної системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів.

Об'єкт дослідження – процеси прийому, аналізу та ідентифікації зображень.

Предмет дослідження – системи відеоспостереження.

Методи дослідження. В роботі використані комбінаторні методи, методи теорії ймовірностей, математичної статистики, дискретної математики, теорії формальних алгоритмів, системний аналіз, теорія множин, теорія побудови моделей складних систем, методи алгоритмічного моделювання, імітаційне моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вдосконалено математичну модель детектування та ідентифікації номерних знаків транспортних засобів.

Запропоновано метод сегментації цифро-буквеного коду із врахуванням інформаційного змісту аналізованого зображення.

Удосконалено механізм бінаризації зображень, адаптувавши його під задачу розпізнавання номерних знаків транспортних засобів.

Розроблений оригінальний алгоритм детектування номерних знаків транспортних засобів, який дозволяє здійснювати їх ідентифікацію з високою точністю.

Розроблений власна структурна схема системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів.

Практичне значення отриманих результатів.

Отримані результати можуть бути *застосовані* у системах відеоспостереження та ідентифікації номерних знаків транспортних засобів як прикладного характеру так і глобальних систем в межах певного регіону або країни в цілому.

Публікації. На базі даної магістерської роботи була опублікована стаття:
Стецюк В. І. Алгоритм ідентифікації номерних знаків транспортних засобів / В.
І. Стецюк, М. С. Бодюк // Abstracts of XI International Scientific and Practical
Conference “Academic research in multidisciplinary innovation”. Amsterdam,
Netherlands. November 30 – December 03, 2020. – 444-449 Pp. ISBN 978-1-63649-
925-3. DOI: 10.46299/ISG.2020.II.XI. URL: <http://isg-konf.com>.

1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Існуючі системи визначення номерних знаків автомобілів

Організацію життя сучасного суспільства неможливо уявити без ефективної роботи різних видів транспортних засобів (приватні та вантажні автомобілі, маршрутні таксі, тролейбуси, автобуси, потяги, електротранспорт, тощо). Парк транспортних засобів (ТЗ) постійно збільшується, що вимагає ефективної організації руху та обліку всіх транспортних одиниць. Так, в області регулювання автомобільного транспортного потоку, необхідно ідентифікувати тип ТЗ та номерний знак (НЗ), встановлений на борту. Специфіка керування залізничним транспортом вимагає ідентифікації номерів товарних вагонів (цистерн) для обліку, ведення баз даних (БД) та їх ефективного сортування. Організація руху транспортних засобів в умовах поставленої задачі має здійснюватися автоматичними системами, де потрібна швидка ідентифікація номерного знаку транспортного засобу (НЗТЗ). Системи повинні здійснювати управління в реальному часі, будучи надійними та незалежними від зовнішніх заважаючих факторів (погодних умов, стану атмосфери, пори доби, тощо).

Всі системи розпізнавання номерних знаків транспортних засобів (НЗТЗ) можна поділити на 2 типи – програмної та апаратної реалізації. Спеціалізовані програмні засоби розпізнавання НЗТЗ, як правило встановлені на сервері відеоспостереження. Друга група систем з'явилася відносно недавно. Розпізнавання номерних знаків транспортних засобів відбувається безпосередньо відеокамерою. Вважається, що до переваг подібних систем відносять відсутність навантаження на сервер відеоспостереження. За рахунок відсутності спеціалізованого програмного забезпечення для розпізнавання автомобільних номерів. Вартість системи розпізнавання автомобільних номерів в даному випадку фактично дорівнюватиме вартості смарт-камери відеоспостереження.

Напрямки застосування систем ідентифікації можуть бути досить широкими:

- обмеження доступу або часу (платні парковки, бізнес-центри, стоянки аеропортів та вокзалів, тощо);
- управління потоками автотранспорту;
- контроль за порушенням правил дорожнього руху;
- організація руху на платних магістралях;
- реєстрація автотранспорту;
- митний контроль;
- збір статистики.

Система НомерОК. Система призначена для розпізнавання НЗТЗ в основному в охоронних цілях (рис. 1.1). Ідентифікація номерних знаків дозволяє даній системі здійснювати контроль за в'їжджаючими та виїжджаючими автомобілями та забезпечити пропускний режим на об'єкті охорони. При роботі система може здійснювати запис дати та часу події. Також системою може проводитися запис фотографій авто і/або НЗ. Система також дозволяє ідентифікувати процес відвідування охоронної території, вести статистику, видавати звіт за запитом.

У програмі системи реалізована можливість створення окремих груп даних з дозволом, та окремо перелік НЗТЗ без дозволу. Система ідентифікації здійснює звертання до власної бази даних (БД), робити коментарі, робочі записи та підказки. Ці операції дозволяють проводити активний та швидкий пошук автомобілів за їх номерними знаками, стежити за часом відвідування об'єкту, тощо. Сформована за деякий період БД має об'єм, який залежить тільки від параметрів сервера (ПК або ноутбука) на якому встановлена система ідентифікації. Ідентично на носіях сервера зберігаються фото, списки, коментарі та інше..

Система працює з аналоговими DVR, платами відеозахоплення, усіма камерами, що підтримують передачу RTSP потоку. У комплект поставки входить USB-накопичувач з дистрибутивом програми, USB-ключ та інструкція з установки.

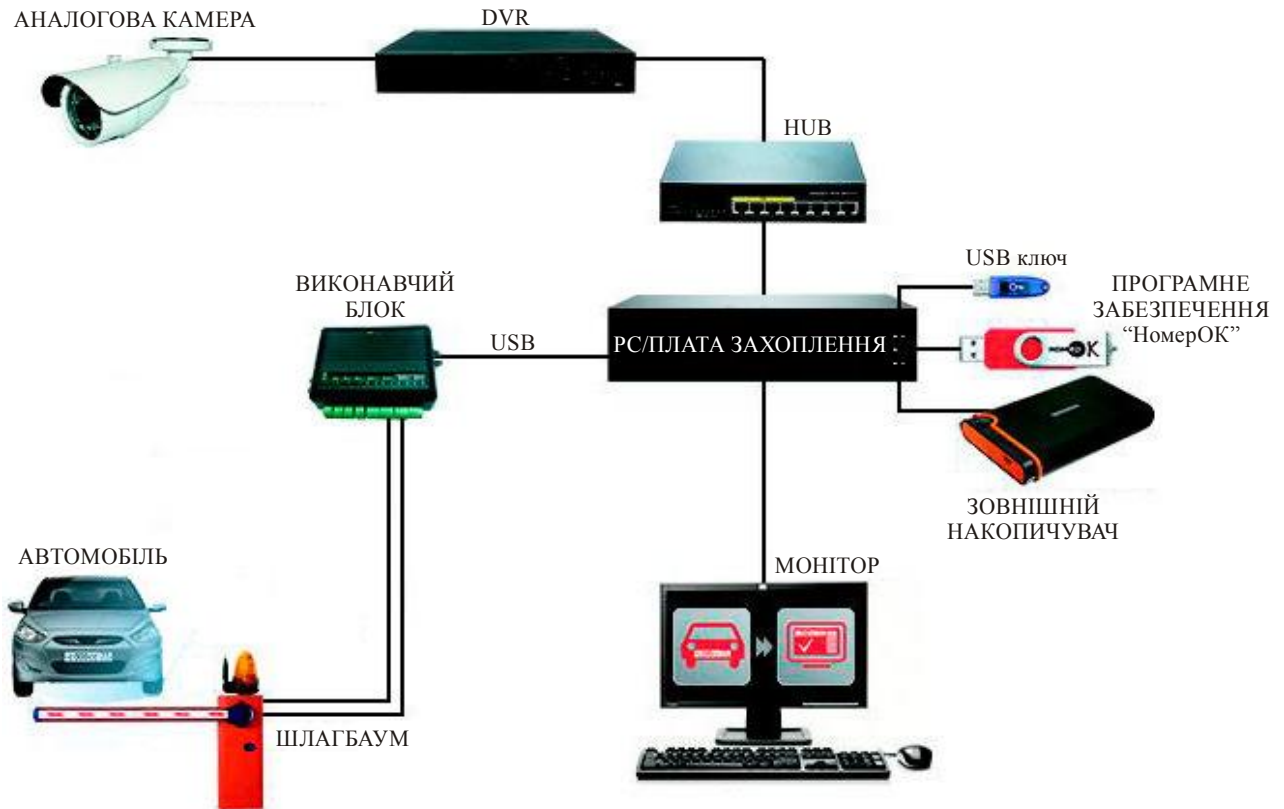


Рисунок 1.1 – Система “НомерОК”

Після установки програми проводиться захоплення відеопотоку, розпізнавання автомобільних номерів в потоці і формування бази даних розпізнаних номерів. Всередині програми реалізована можливість створення до трьох зон розпізнавання з налаштуванням роботи алгоритму. У разі, якщо програма не змогла розпізнати номер автомобіля, або розпізнала його нечітко – запис події все одно проводиться, але програма видасть сповіщення про нерозпізнаний або частково розпізнаний номер.

При наявності виконавчого блоку можлива настройка реакцій сторонніх систем на керуючі сигнали, що формуються програмою за умовами, заданими оператором (керування воротами, шлагбаумом, тощо).

Здійснюючи аналіз даної системи, слід відмітити ряд недоліків:

- 1) система одноканальна;
- 2) робота тільки з аналоговими камерами (причому до 1,3 Мп);
- 3) відстань ідентифікації – до 20 м;
- 4) розпізнавання тільки російських номерних знаків.

Зрозуміло, що із такими параметрами дана система не може експлуатуватися на транспортних магістралях, а тільки в приватному секторі (гаражні кооперативи, малими підприємствами, тощо).

«Автомаршал» – програмний продукт, призначений для ідентифікації номерних знаків ТЗ. Він так як і попередня система може бути придатним для суто прикладних задач (охорона територій, платні парковки, тощо).

Програмна частина встановлюється на ПК, ноутбук, сервер та має вихід у мережу Internet для обробки сигналів IP-відеокамери. Система «Автомаршал» здійснює ідентифікацію НЗТЗ за допомогою класичних для даних систем складових – відеокамер та відповідного програмного забезпечення. Функціонал також аналогічний попередній системі: запис фото, часу, номерних знаків, коментарі та ін.

Як це досить часто буває з комерційними системами, «Автомаршал» має дві модифікації: ідентифікація НЗТЗ на швидкостях рухомих об'єктів до 30 км / год. та варіант до 150 км / год.

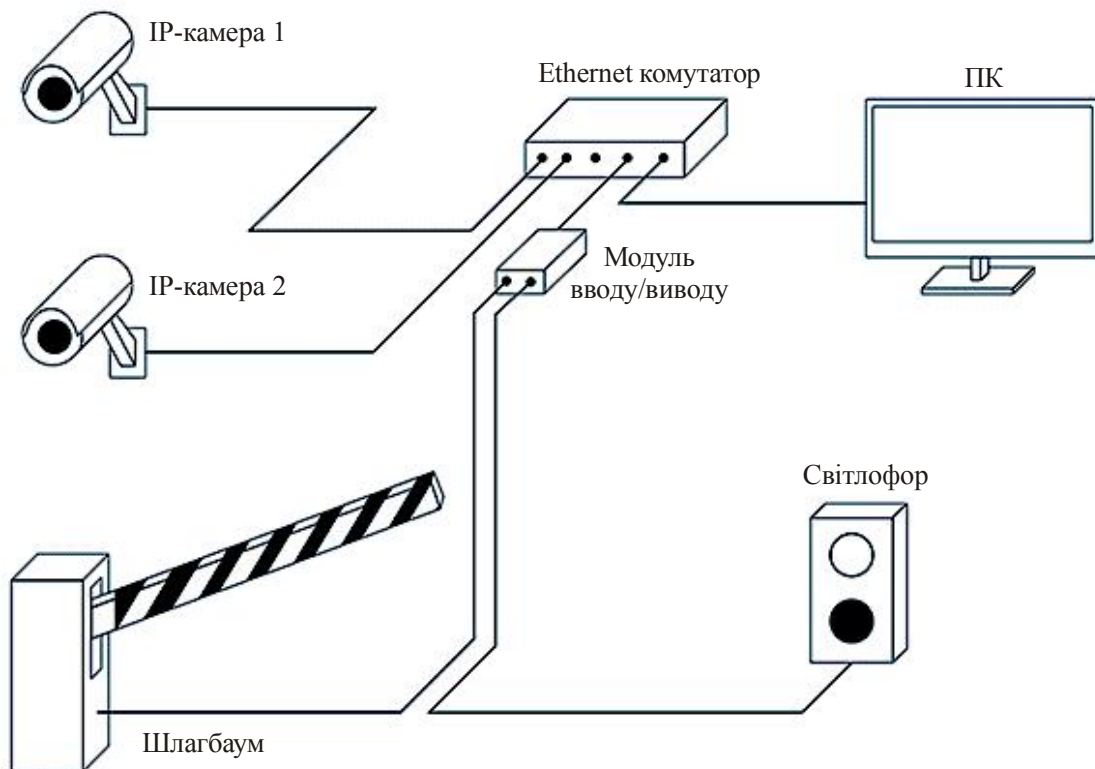


Рисунок 1.2 – Система «Автомаршал» із стаціонарним ПК

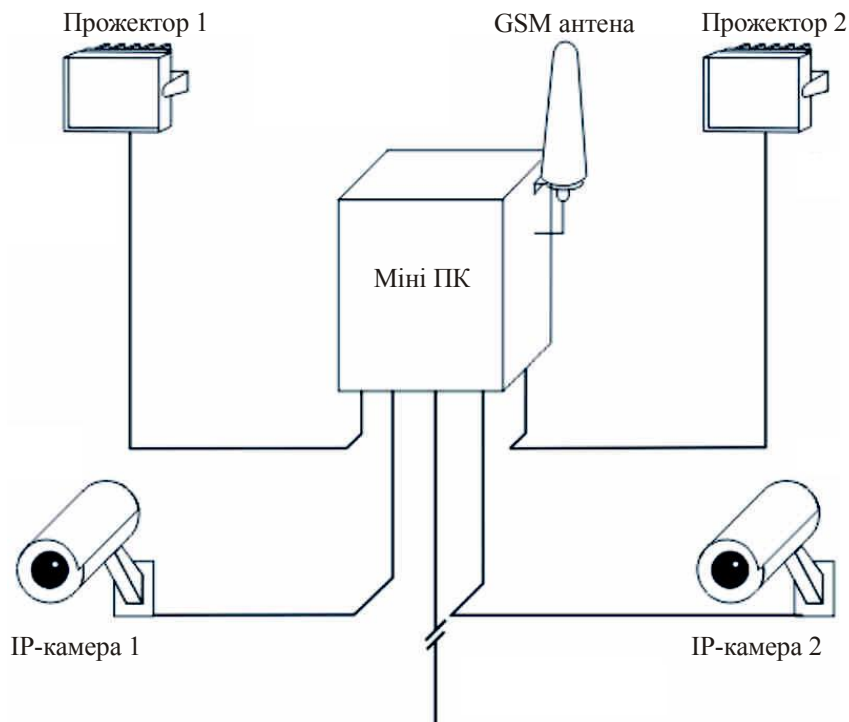


Рисунок 1.3 – Система «Автомаршал» з міні ПК

Платна версія програми розпізнає номерні знаки багатьох країн колишнього СРСР та європейських країн. Аналогічно тільки у платних версіях є можливість установлювати кілька камер та нарощувати функціонал.

Недоліком системи є:

- висока вартість, яка інтегрально залежна від функціоналу;
- обмеження за швидкістю (відсоток розпізнавання номерів авто, які рухаються зі швидкістю більше 100 км/год. менше 85% і різко зменшується із зростанням швидкості);
- неможливість розпізнавання типу автомобіля.

В *«Авто-Інтелект»* – система зовсім іншого класу, ніж дві попередніх. Вона призначена для роботи з правоохоронними системами, для робітників ДАІ і дозволяє здійснювати ідентифікацію НЗТЗ із спеціалізованих відеокамер в динамічному режимі. Знову ж таки, на відміну від попередніх систем *«Авто-Інтелект»* не має обмежень по кількості камер та забезпечує роботу в глобальному масштабі (міста, області, регіону або цілої країни). В комплект обов'язково входить єдина зовнішня база даних, яка працює як для зберігання інформації, так і для ідентифікації самих номерних знаків.

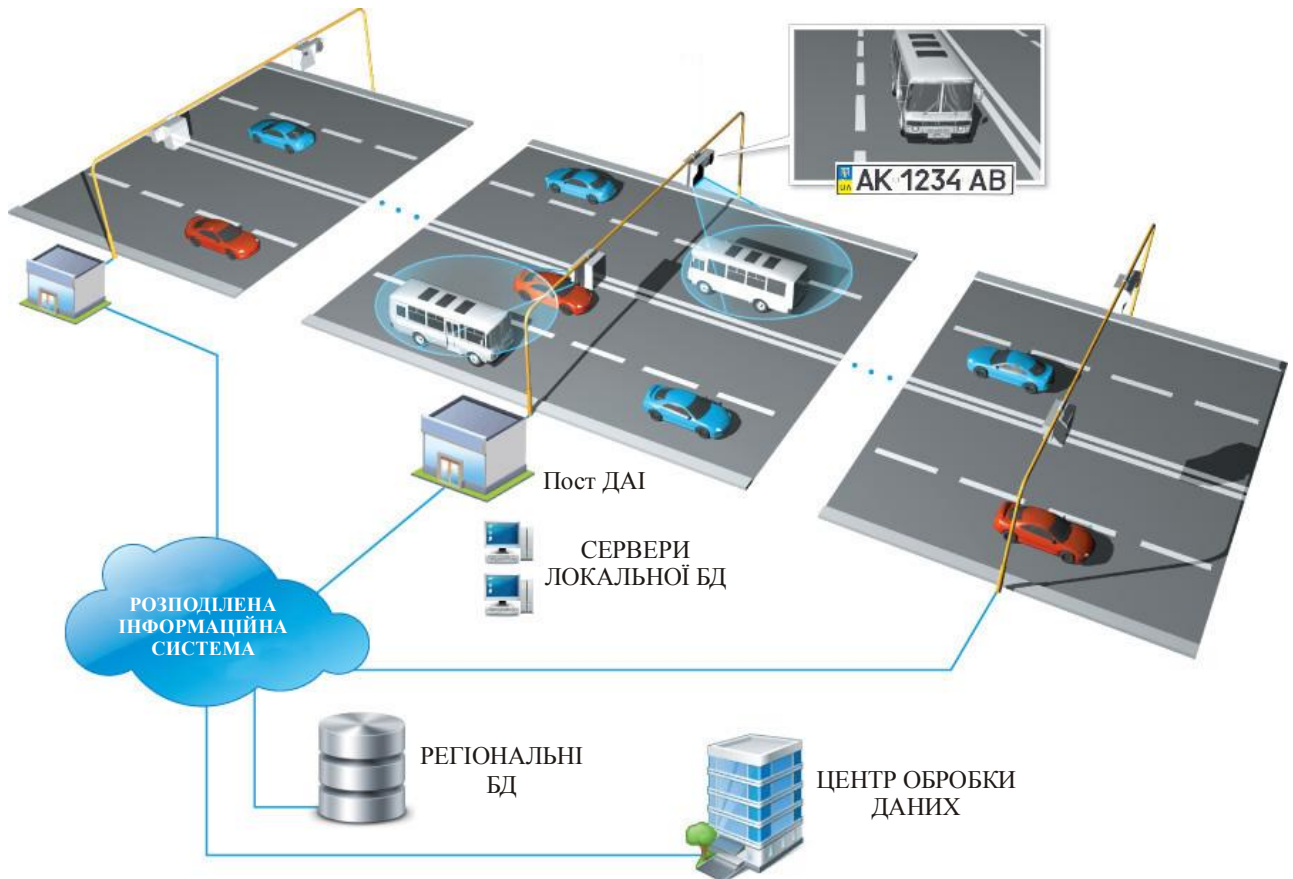


Рисунок 1.4 – Система «Авто-Інтелект»

Таким чином, дана система постійно напрацьовує власну базу даних та користується глобальною, створеною спеціально для неї. Оператори (на посту ДАІ) спостерігають на моніторах за транспортним потоком та формують команди запиту, пошуку ідентифікації, тощо. Вся напрацьована інформація поступає в сервери локальної бази даних, а звіди через розподілену інформаційну систему на регіональні БД. Крім того в подібних системах існує центральний офіс (центр обробки даних), який здійснює загальну адміністрацію системи в цілому. Наступний пост ДАІ аналогічно співпрацює з інфраструктурою даної системи, формуючи свою базу даних, яка відразу стає загальнодоступною. Тому, при пошуку конкретного номерного знаку ТЗ запит на пошук одержують всі підрозділи. Відповідно відповідь на запит також надходить у загальну систему.

Недоліком системи є: висока вартість та неможливість розпізнавання типу автомобіля.

Як бачимо, всі розглянуті системи не мають функції розпізнавання типу автомобіля. Максимум на що вони здатні – це фотографувати і зберігати фото автомобіля або частини автомагістралі, яку контролюють. Однак дана функція була би вкрай корисна співробітникам ДАІ, працівникам митниці та іншим організаціям або приватним фірмам.

1.2. Види і класифікація номерних знаків транспортних засобів

В Україні на даний момент діє 12 систем класифікації номерних знаків [1, 2]. Детальна інформація представлена у додатку А. На НЗ 1, 2, 3, 5, 6, 7.3, 8, 12 використовуються українські літери, аналогічні латиниці (А, В, С, Е, Н, І, К, М, О, Р, Т, Х).

Детальний вигляд та фізичні розміри номерного знаку 1.1 та його елементів для всіх типів автомобілів представлений на рис. 1.5.

Автомобільні номери Європи – це металеві або пластикові таблички (додаток Б). Реєстраційний ідентифікатор представляє собою числовий або буквено-цифровий код, який однозначно ідентифікує транспортний засіб в базі даних, що його видала органу. У Європі більшість країн прийняли спільну формат номерних знаків – загальний формат ЄС. Також на номерних знаках країн ЄС і українських також має бути розпізнавальний код країни реєстрації ТЗ. Він може бути овальної форми, та може встановлюватися окремо від самого номерного знаку або міститись на ньому. Такий розпізнавальний код має бути на передньому номерному знаку транспортного засобу і може доповнюватися іншою символікою (прапор країни, емблема державного характеру, тощо).

Формат номерних знаків наступний. Основна частина європейських країн випускає номерні знаки розміром 520 на 110 мм (20,5 на 4,3 дюйма) або 520 на 120 мм (20,5 на 4,7 дюйма). Це один з основних стандартних розмірів у всьому світі, але існують і інші:

- 305 на 152 мм (12,0 на 6,0 дюйма) або 305 на 160 мм (12,0 на 6,3 дюйма)
- американський стандарт;
- 372 на 135 мм (14,6 на 5,3 дюйма) – австралійський стандарт.



Рисунок 1.5 – Детальні розміри номерного знаку для всіх типів автомобілів



Рисунок 1.6 – Графічне представлення кодування номерних знаків транспортних засобів України

Деякі європейські країни використовують номерні знаки в інших форматах:

- 330 на 140 мм (13,0 на 5,5 дюйма) в Андоррі;
- 440 на 120 мм (17,3 на 4,7 дюйма) в Фінляндії;
- 260 на 110 мм (10,2 на 4,3 дюйма) в Монако;
- 390 на 120 мм (15,4 на 4,7 дюйма) в Сан-Марино;
- 300 на 80 мм (11,8 на 3,1 дюйма) в Швейцарії і Ліхтенштейні (тільки передні пластини);
- 360 на 110 мм (14,1 на 4,3 дюйма) в Італії (тільки передні пластини).



Рисунок 1.7 – Типи номерних знаків Європи

Країни вживають заходів, щоб уникнути дублювання реєстраційних номерів, що використовуються іншими країнами. Але це не зовсім успішно, і є випадкові труднощі в зв'язку з штрафами за парковку і автоматичних камер

швидкості. Так, наприклад, автомобільні номери України стандарту 2004 року в декількох регіонах повністю повторюють поточні болгарські і колишні, які сих пір діють, іспанські номери стандарту 1970 року. Це відноситься і до чотирьох регіонів Іспанії з приставками ВА, ВІ, СА, ІВ; і шести регіонах Болгарії з приставками ВТ, ВН, СА, СВ, СН, КН. Болгарія використовує номери пластин у вигляді А [А] -0000-АА, тобто одна або дві букви, що представляють регіон, потім чотири цифри, потім ще дві букви. Всі використовувані букви загальні для латинського та кириличного алфавіту – А, В, С, Е, Н, К, М, О, Р, Т, Х і У.



Рисунок 1.8 – Дублювання номерних знаків різних країн

Дублювання існує між номерами Бельгії (до 2010 року), Кіпру, Фінляндії, Грузії (до 2014 р), Угорщини, Литва, Мальта, Швеція (з 1974 р) і Молдавії (з 2015 р), кожна з яких використовує комбінації перших трьох букв, а потім трьох цифр. Бельгія використовувала послідовність АВС-123 між 1973 і 2008. Ці комбінації закінчилися в 2008 році, і була прийнята зворотна послідовність 123-АВС з 25 червня 2008 року. З введенням європейського формату з 15 листопада 2010 року використовується семизначна комбінація 1-АВС-234. Однак шестизначні таблички залишаються дійсними, оскільки не встановлена дата їх виведення з користування та бельгійські номери пов'язані з власником, а не з транспортним засобом, тому швидше за все, старі номери будуть використовуватися протягом тривалого часу. Греція використовує комбінацію з трьох букв (які вибираються з 14 символів і є загальними для латинського та грецького алфавіту (А, В, Е, Z, Н, І, К, М, N, О, Р, Т, У, Х в грецькому алфавітному порядку) і чотири цифри, у вигляді ААА-0000 в той час як в

Іспанії використовується номер з чотирьох цифр і трьох букв у вигляді 0000 BBB (голосні і деякі приголосні не використовуються).

Ми звикли, що номерні знаки мають, як правило, прямокутну форму. Однак, проаналізувавши ситуацію у всьому світі, слід сказати, що тут не все так однозначно. Є номери у вигляді кола або овалу, є трикутні та ромбічні. У Великій Британії НЗТЗ можуть виготовлятися за формою, яка повторює місце реєстрації (shaped plates). У Канаді, наприклад, є номери у формі силуету полярного ведмедя. Японія з 2012 року реєструє номерні знаки будь-якої форми, що затверджена регіональним представництвом дорожньої автоінспекції. Так, на дорогах Японії можна зустріти НЗ у формі хмаринок, рисових зерен, башт, навіть у формі таблички з підсвіткою (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Номерні знаків не традиційних форм

Детальна інформація про класифікацію, зовнішній вигляд і поширення за регіонами номерних знаків України представлені у додатку А.

Приклади номерних знаків країн світу представлені у додатку Б.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. В розділі здійснено огляд і аналіз найбільш популярних систем розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Основними недоліками існуючих систем є мала відстань ідентифікації, неможливість розпізнавання непрямокутних форм номерних знаків та неможливість розпізнавання марок автомобіля.

2. Розглянуті основні види номерних знаків транспортних засобів, здійснена їх детальна класифікація. В Україні і Євросоюзі за останні 3-4 десятиліття змінилася і накопичилася велика кількість застарілих та існуючих систем шифрування номерних знаків, які присутні паралельно, частково перекриваються та дублюються. Це ускладнює ідентифікацію транспортних засобів.

3. Розпізнавання номерних знаків транспортних засобів являється досить актуальною і затребуваною задачею, як в Україні, так і у всьому світі. Ідентифікації номерних знаків транспортних засобів з високою точністю (100%) являється серйозною науково-технічною задачею і потребує інтегральних методів їх вирішення.

2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

2.1. Постановка задачі.

Сучасний розвиток систем відеоспостереження, відеореєстрації, різноманітних програмних та апаратних засобів дозволяє вирішувати найскладніші задачі. Однак, незважаючи на зовнішню простоту поставленої задачі – розпізнавання номерних знаків транспортних засобів – потребує комплексного науково-технічного підходу. На процес розпізнавання впливає велика кількість різноманітних факторів: відстань спостереження, освітленість, кути огляду, погодні умови, пора доби, та багато іншого. В реальних умовах спостереження ідеального випадку практично не буває. Навіть якщо яскравий світлий день, влітку, немає атмосферних опадів і на перший погляд все сприяє роботі системи, то задача надійного розпізнавання (99%) всерівно залишається складною. Адже об'єкт ідентифікації може рухатися з великою швидкістю і постійно переміщатись в полі зору камери, проекція зображення номерного знаку може знаходитися під значним кутом і приходиться враховувати перспективу, крім того об'єктів ідентифікації може бути кілька десятків, а час їх перебування в полі зору мінімальний.

Тому для вирішення даних задач застосовуються різноманітні методи обробки і аналізу зображень [3-9]: статистичний аналіз, цифрова фільтрація, різні методи бінаризації, тощо. Крім того, враховуючи постійно змінні зовнішні умови роботи система ідентифікації, ті чи інші методи можуть бути як результативними і давати відносно нормальний результат розпізнавання, а можуть повністю не підходити.

Однак, незважаючи на різні методи і підходи, серед етапів ідентифікації номерних знаків транспортних засобів (НЗТЗ) слід виділити наступні загальні кроки: фото (відео) фіксація, детектування номерного знаку, сегментація на ньому окремих букв і цифр та їх розпізнавання.

2.2. Детектування номерних знаків транспортних засобів.

Першою стадією обробки одержаних зображень є детектування номерного знаку. Даний етап надзвичайно важливий, оскільки від того, наскільки якісно виділений номерний знак на зображенні будуть залежати результати всіх наступних стадій. Для виділення номерних знаків існує ряд методів, які можна характеризувати за наступними ознаками зображення: крайові точки, текстури, колір і симетрія [3].

Однак слід виділити і ряд заважаючих факторів: низька якість зображення, варіативність освітлення та відблисків, спотворення перспективи, наявність на номерних знаках інших написів та сторонніх предметів (бруд, гудрону), тощо.

При виділенні номерних знаків на зображенні може бути використана інформація про колір [4]. У багатьох країнах номерні знаки мають унікальне поєднання кольорів фону і розташованих на ньому букв і цифр. Хоча використання колірної інформації дає ряд переваг, в той же час зберігаються проблеми, пов'язані зі зміною освітленості сцени і близькістю кольорів номера і самого автомобіля. Крім цього, в процесі детектування номерних знаків можуть використовуватися додаткові апріорні відомості про номерний знак: співвідношення сторін, кількість пікселів виділеної області, її орієнтація, щільність (співвідношення числа пікселів переднього плану і фону).

В рамках процесу детектування, слід виділити один із найпростіших але досить дієвий спосіб – порівняння з шаблоном, тобто відповідність окремих частин аналізованого зображення і побудованого шаблону номерного знака [5]. Далі область, що має найбільшу схожість із шаблоном, сегментується. Очевидно, що шаблон повинен максимально відображати всі характерні ознаки, властиві області номерного знаку на зображенні. Частковий шаблон для букв (цифр) будується шляхом послідовного додавання шарів, кожен з яких відповідає одній букві (цифрі). Отримані шари потім об'єднуються в один загальний шар. Зазвичай при цьому передбачається, що ймовірності появи окремих букв (цифр) рівні.

Після того, як шаблон побудований, необхідно визначити спосіб знаходження ступінь кореляції виділеної області зображення і шаблону. Найбільш часто з цією метою застосовується перехресна кореляція, яка основана на обчисленні квадрата евклідової відстані між шаблоном і зображенням:

$$\begin{aligned} d^2(u, v) &= \sum_x \sum_y [I(x, y) - T(x - u, y - v)]^2 \\ &= \sum_x \sum_y [I^2(x, y) - 2I(x, y)T(x - u, y - v) + T^2(x - u, y - v)] \end{aligned} \quad (2.1)$$

де $I(x, y)$ – інтенсивність зображення в точці (x, y) ;

$T(u, v)$ – побудований шаблон.

Відзначимо, що при обчисленні цієї величини, шаблон має цілком лежати всередині зображення, тому пікселі, що знаходяться біля границі, зазвичай ігноруються. В принципі, можливе введення фіктивних пікселів за межами зображення. Однак в даному випадку це недоцільно, так як кінцевою метою методу є знаходження цілої області номерного знака, що міститься в зображенні, а не окремої її частини.

Зауважимо, що вираз $T^2(x - u, y - v)$ є константою, тому що являє собою суму квадратів інтенсивностей пікселів шаблону. Припускаючи, що інтенсивність зображення слабо змінюється в областях, що мають розміри шаблону, будемо вважати складову $I^2(x, y)$ у формулі також постійною. Тоді отримаємо, що ступінь відповідності зображення і шаблону визначається величиною:

$$c(u, v) = \sum_x \sum_y I(x, y)T(x - u, y - v) \quad (2.2)$$

Дана величина називається перехресною кореляцією [6]. Однак припущення про те, що $I^2(x, y)$ у формулі (2.1) є постійною, в більшості випадків є некоректним і призводить до того, що величина $c(u, v)$ для найбільш

яскравих областей перевищує значення, одержувані в областях, які дійсно збігаються з шаблоном. Тому зазвичай користуються виразом для нормованої перехресної кореляції:

$$\gamma(u, v) = \frac{\sum_x \sum_y [I(x, y) - \bar{I}_{u,v}] [T(x - u, y - v) - \bar{T}]}{\sqrt{\sum_x \sum_y [I(x, y) - \bar{I}_{u,v}]^2 \sum_x \sum_y [T(x - u, y - v) - \bar{T}]^2}} \quad (2.3)$$

Цей вираз не призводить до помилкового виділення яскравих областей, так як містить нормуючий множник з суми квадратів відхилень від середніх значень шаблону. Тим самим міра подібності стає незалежною від розміру шаблону.

До переваг методу порівняння з шаблоном відносяться простота обчислення міри схожості, крім якої не потрібно знаходження будь-яких інших величин [7]. Недоліками даного методу є великий об'єм необхідних обчислень та неінваріантність до обертання, масштабування і перспективних спотворень. Останні властивості являють собою істотну проблему, так як навіть незначні зміни в розмірах і куті нахилу номерного знака призводять до некоректного виділення його області.

Наступним методом детектування є застосування морфологічних операторів, які базуються на понятті максимуму і мінімуму [8]. Морфологія має низку переваг, серед яких слід відзначити можливість ефективної програмної реалізації, простоту фізичного сенсу здійснюваних операцій, що дозволяє проводити тонке налаштування параметрів в залежності від поставленої задачі. При виділенні області номерного знака за допомогою морфологічних операторів зазвичай передбачається, що символи на номері складаються з тонких ліній, які значно темніші (в окремих випадках навпаки яскравіші) загального фону.

В більшості випадків зустрічаються номерні знаки з чорними символами на білому фоні. В цьому випадку обробка починається з операції замикання зі структуруючим елементом, чий розмір перевищує розмір символів НЗ. Якщо тепер відняти від результату обробки початкове зображення, то отримаємо

сегментовані символи номерного знаку. Далі визначаються границі прямокутної області, що включає в себе виділені символи НЗ. Для цього здійснюється операція замикання з горизонтальними структуруючими елементами, чий розмір перевищує максимальну відстань між символами.

Остаточно область номерного знака виходить після застосування дилатації (розтягнення), яка необхідна для тих випадків, коли окремі символи торкаються виділеної границі.

Як недолік морфологічних методів детектування слід вказати той факт, що методи даної категорії передбачають знання конкретного розміру номерного знака на зображенні. Таким чином, при зміні масштабу вхідного зображення алгоритм перестане коректно детектувати номери. Крім того, даний підхід досить чутливий до зашумлених зображень. Однак, в якості виправдання слід сказати, що розміри номерних знаків стандартизовані і відомі з високою точністю (розділ 1).

Серед методів детектування слід відмітити також обчислення проєкцій зображення, в основі якого лежить припущення про те, що величина інтенсивності цифр і букв на ньому сильно відрізняється від загального фону [9]. Звідси випливають наступні корисні нам властивості:

- область номерного знаку завжди має високу ступінь контрастності в порівнянні з рештою зображенням;
- зміни інтенсивності в області номерного знаку більш часті.

В такому випадку, процедура детектування області номерного знаку проводиться в три стадії:

- пошук всіх границь об'єктів на зображенні з застосуванням градієнтних операторів;
- проєктування модифікованих зображень на горизонтальну і вертикальну осі;
- визначення границь НЗ шляхом аналізу горизонтальних і вертикальних проєкцій, отриманих на попередній стадії.

Для знаходження на зображенні країв об'єктів можуть застосовуватися різні градієнтні маски, найбільш відомими з яких є двовимірні маски Превітт, Собеля і Робертса [2, 3].

На наступному кроці проводиться обчислення проєкцій зображення на горизонтальну і вертикальну осі:

$$p_y(y) = \sum_{i=0}^{w-1} I(i, y) \quad (2.4)$$

$$p_x(x) = \sum_{j=0}^{h-1} I(x, j) \quad (2.5)$$

Таким чином, обчисливши проєкцію зображення на вертикальну вісь після застосування маски Превітт, за формулами (2.4) і (2.5), з'ясується що в значення отриманої функції проєкції в кожній точці роблять внесок тільки вертикальні границі, що проходять через дану точку. Аналіз функції дозволить визначити верхню і нижню границі номерного знаку ТЗ. Проводячи аналогічні перетворення для отримання горизонтальної проєкції, обчислюються координати правої і лівої границь знаку.

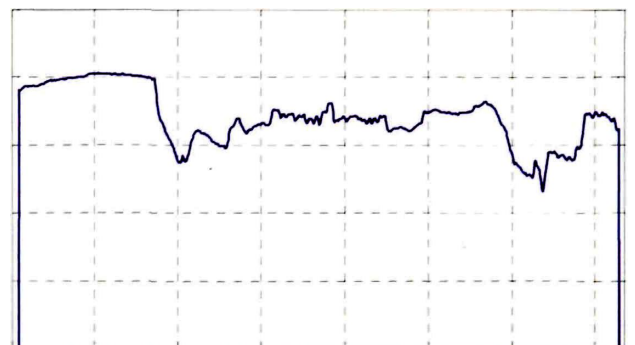
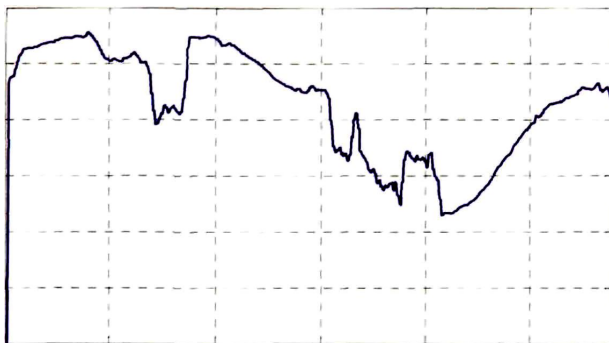


Рисунок 2.1 - Зображення і його проєкції
на горизонтальну та вертикальну осі
відповідно

Таким чином, метод проєкцій є досить простим в реалізації і має більшу швидкодію. Однак, йому притаманний ряд істотних недоліків. Наприклад, для остаточного прийняття рішення про коректності виділення необхідної області зазвичай використовуються додаткові апріорні відомості про номерний знак (відношення сторін НЗТЗ, орієнтація, розміри). Крім того даний метод не дозволяє провести відмінність між областями кількох номерних знаків, якщо вони є на зображенні або, наприклад, грати радіатора в деяких типах транспортних засобів. У цих випадках навіть використання додаткових даних не дозволяє істотно підвищити розрізнявальну здатність та вибірковість виділення номерного знаку.

Другою і надзвичайно важливою процедурою ідентифікації є сегментація символів номерного знаку. Для цього найбільш часто використовується побудова горизонтальної проєкції попередньо бінаризованого зображення, як показано на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Сегментація номерного знаку методом проєкцій

Дані методи вимагають досить малого часу обчислення. Однак зміна положення камери відносно транспортного засобу призводить до перспективних спотворень зображення, чиї вертикальна і горизонтальна осі вже не будуть паралельні осям номерного знаку. Внаслідок цього у випадках нахилу номера автомобіля проєкційні методи призводять до значних помилок.

Альтернативою таким методам може служити метод пошуку ліній поділу, оснований на мінімізації вартісної функції зображення. Він дозволяє проводити

сегментацію цифрового зображення відносно його змісту. В основі алгоритму лежить використання вартісної функції – деякої умовної величини, що характеризує важливість даного пікселя в поточному зображенні. Розділові лінії між символами проводяться за тими пікселями, які найменш важливі в цьому зображенні.

2.3. Сегментація текстових символів.

Розглянемо етап сегментації більш детально. На сьогоднішній день сегментація об'єктів на зображенні повинна проводитися з урахуванням їх інформаційної складової. Поширені методи функціонально обмежені, оскільки мають значні геометричні обмеження. Пропонується враховувати інформацію, що містилася в зображенні, як основу для поділу об'єктів і кінцевої сегментації символів текстового вмісту номерних знаків транспортних засобів. Для визначення інформаційної значущості пікселя введемо поняття «вартісної функції». Ця функція є деякою умовною величиною, яка характеризує наскільки важливий даний піксель в поточному зображенні. Загальна схема роботи запропонованого алгоритму виглядає наступним чином.

1. Обчислення енергетичної функції для кожного пікселя зображення:

$$e(I) = a \times \left| \frac{\partial I}{\partial x} \right| + b \times \left| \frac{\partial I}{\partial y} \right| \quad (2.6)$$

Існує досить велика кількість варіантів енергетичних функцій. При її обчисленні найбільш значущими елементами на зображенні є структура і контур об'єктів. Необхідно вирішити задачу розділення символів, враховуючи енергетичну функцію. Можливі кілька підходів до вирішення цього завдання. наприклад, можна задати умову максимального збереження енергії і проводити поділ за пікселями з найменшою енергією. Такий підхід руйнує структуру замкнутих об'єктів і сильно деформує символи.

2. Щоб запобігти псуванню зображення, потрібно дотримання умови зв'язків між пікселями, за якими буде проводитися поділ на сегменти.

3. Фактично на модифікованому зображенні тепер присутні лінії, уздовж яких зміна енергії в межах певних зв'язків сукупності пікселів мінімальна. Маючи вартісну функцію $e(I)$, обчислюємо вартість всіх таких шляхів:

$$E(s) = E(I_s) = \sum_{i=1}^n e(I(s_i)) \quad (2.7)$$

Вибираються шляхи з мінімальною вартістю, які будуть лініями розділу між символами:

$$s^* = \min_s E(s) = \min_s \sum_{i=1}^n e(I(s_i)) \quad (2.8)$$

Формування лінії поділу символів відбувається ітеративно. Ілюстрація роботи алгоритму приведена на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Сформовані лінії шва між символами

При детектуванні символів номерного знаку розділення сегментів між собою є необхідною, але недостатньою умовою для успішної класифікації символів. Необхідно додатково автоматично обрізати кожен сегмент, зберігаючи тільки інформаційний символ.

Зручно аналізувати точність детектування з точки зору перетину фігур:

- площа перетину двох фігур є множиною ситуацій вірного позитивного рішення детектора (ПР);

- площа еталонного об'єкта, яка залишилася і не була охоплена автоматичним алгоритмом – це множина помилкових негативних рішень (НР);
- площа, яка не співпала зі зразком і яку алгоритм включив помилково – це множина хибних рішень (ХР).

Для випадку сегментації символів задача пошуку оптимальних параметрів зводиться тільки до повного співпадіння площ еталонної розмітки і автоматичної. Так як лінійні розміри цих об'єктів досить малі, і символ займає площу приблизно рівну 20×25 пікселів, то всі відносні величини, такі як точність і повнота, сильно змінюються при малому відхиленні фігур одна від одної. При цьому, ситуації збільшення площі кожного автоматично знайденого сегмента (ХР) або помилкова обрізка символу (НР) стають не рівноцінними одна одній. В першому випадку зростає об'єм шуму при класифікації, а в другому – безповоротно втрачається інформаційна складова символу. Тому задача пошуку оптимальних параметрів вартісної функції повинна бути розширена в порівнянні з розглянутою вище. Природним рішенням цієї задачі є залучення класифікатора символів в якості критерію оцінки. Алгоритм класифікації в даному випадку вважається заданим і не змінним в ході ідентифікації. При кожному значенні параметрів a і b на основі виразу (2.6) складається наступна матриця можливих ситуацій T :

$$T = N \left\{ \begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} PP_{11} \quad XP_{11} \quad HP_{11} \\ PP_{12} \quad XP_{12} \quad HP_{12} \\ PP_{13} \quad XP_{13} \quad HP_{13} \\ \dots \\ PP_{1k} \quad XP_{1k} \quad HP_{1k} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{array} \right\} k \\ \left. \begin{array}{l} PP_{j1} \quad XP_{j1} \quad HP_{j1} \\ PP_{j2} \quad XP_{j2} \quad HP_{j2} \\ PP_{j3} \quad XP_{j3} \quad HP_{j3} \\ \dots \\ PP_{jk} \quad XP_{jk} \quad HP_{jk} \end{array} \right\} k \end{array} \right. \quad (2.9)$$

Ця матриця складена для N тестових зображень, для кожного з яких є k розмічених символів. Одночасно з цією матрицею будується матриця ймовірностей вірної ідентифікації кожного символу P :

$$P = N \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} P_{11} \\ P_{12} \\ P_{13} \\ \dots \\ P_{1k} \end{array} \right. \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \left\{ \begin{array}{l} P_{j1} \\ P_{j2} \\ P_{j3} \\ \dots \\ P_{jk} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (2.10)$$

У ній на кожній P_{jk} позиції знаходиться бінарне число, що показує чи співпало рішення ідентифікатора для цього сегмента із збереженим в базі даних значенням оригінального символу.

Так як складання таких матриць для всіх зображень буде ресурсномісткою задачею, то можна отримати деяку залежність ймовірності розпізнавання від значень ПР, ХР, НР. В цьому випадку оцінка точної класифікації кожного символу від параметрів детектора символів буде виражатися наступною залежністю:

$$\alpha PP + \beta XP + \gamma NP = P' \quad (2.11)$$

Коефіцієнти α , β , і γ можна отримати з умови на матрицю для сегментів, а відповідна умова буде мати матричний вигляд:

$$\mathbf{T} \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} = \mathbf{P} \quad (2.12)$$

Рішенням цього рівняння буде наступна матриця:

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} = \frac{T^T T}{T^T P} \quad (2.13)$$

Враховуючи, що для вірного розпізнавання номерного знаку транспортного засобу потрібна одночасна точна ідентифікація кожного символу, то така оцінка для всіх зображень в базі знаходить наступний вигляд:

$$S(a, b) = \sum_{j=1}^N \left(\prod_{i=1}^k P'_k \right) = \sum_{j=1}^N \left(\prod_{i=1}^k (\alpha P P_{ik} + \beta X P_{ik} + \gamma H P_{ik}) \right) \quad (2.14)$$

Отримана формула є цільовою функцією оптимізації, так як характеризує точність вірного розпізнавання всього номерного знаку при обраних параметрах в алгоритмі сегментації. Максимум цієї функції буде досягнуто у точці $[a_0, b_0]$:

$$[a_0, b_0] = \underset{a, b}{\operatorname{arg\,max}} (S(a, b)) \quad (2.15)$$

Таким чином, можна отримати значення параметрів вартісної функції a і b , які будуть для розглянутого алгоритму оптимальними з точки зору точного розпізнавання номерного знаку. При цьому буде досягнуто найбільш сприятливе співвідношення між помилками першого і другого роду, а алгоритм буде працювати найбільш ефективно. Завдяки цьому, вдасться досить точно провести лінії розділу між сусідніми символами на цифровому зображенні номерного знаку транспортного засобу.

2.4. Бінаризація.

Бінаризацією називається процес перетворення початкового зображення в зображення, яскравість пікселів якого може приймати тільки два значення – чорний і білий або 0 і 1. Тому таке зображення називається бінарним [10].

Залежно від виду зображення і поставленої задачі застосовуються різні методи бінаризації [11]:

- Бернсена;
- Ейквеля;
- Ніблека;
- Яновиця і Брукштейна;
- Бредлі;
- Отсу.

Проаналізувавши всі вище зазначені методи, візьмемо за основу метод Отсу (*Otsu Nobuyuki*), адаптувавши його під задачу розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. В першому наближенні описати даний метод можна як процедуру “порогової” обробки, тобто розбиття зображення на дві області, одна з яких містить всі пікселі зі значенням нижче деякого порогу, а інша містить всі пікселі зі значенням вище встановленого порогу. При бінаризації зображення яскравість кожного пікселя порівнюється з пороговим значенням яскравості та якщо значення яскравості пікселя вище значення яскравості порогу, то на бінарному зображенні відповідний піксель буде “білим”, в іншому випадку – “чорним”. Таким чином, алгоритм дозволяє розділити пікселі на “корисні” і “фонові”, розраховуючи такий поріг, щоб дисперсія всередині кожної групи була мінімальною [10, 11].

Будемо вважати, що гістограма задана у вигляді дискретної функції розподілу ймовірності P . Якщо гістограма бімодальна, то задача вибору порогу бінаризації полягає у визначенні найкращого порогу t , що відокремлює дві моди гістограми одну від одної. Кожному граничному значенню t відповідає дисперсія групи значень, менших або рівних t , і дисперсія групи значень, більших за t . Позначимо через σ_w^2 зважену суму дисперсій всередині кожної групи. Через $\sigma_1^2(t)$ позначимо дисперсію першої групи, що складається зі значень, менших або рівних t та, відповідно, $\sigma_2^2(t)$ – дисперсією другої групи, яка складається зі значень, більших за t . Позначимо через $q_1(t)$ сумарну ймовірність першої групи і через $q_2(t)$ – сумарну ймовірність другої групи.

Середні значення першої і другої груп позначимо $\mu_1(t)$ і $\mu_2(t)$. Тоді загальна дисперсія σ_w^2 визначається як:

$$\sigma_w^2(t) = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t) \quad (2.16)$$

де:

$$q_1(t) = \sum_{i=1}^t P(i), \quad (2.17)$$

$$q_2(t) = \sum_{i=t+1}^I P(i), \quad (2.18)$$

$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^t iP(i) / q_1(t), \quad (2.19)$$

$$\mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^I iP(i) / q_2(t), \quad (2.20)$$

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t)]^2 P(i) / q_1(t), \quad (2.21)$$

$$\sigma_2^2(t) = \sum_{i=t+1}^I [i - \mu_2(t)]^2 P(i) / q_2(t) \quad (2.22)$$

Оптимальне значення порогу t можна визначити простим перебором всіх можливих значень t для пошуку такого його значення, яке мінімізує $\sigma_w^2(t)$. У багатьох ситуаціях область перебору можна зменшити до проміжку між двома модами гістограми.

Між дисперсією всередині груп $\sigma_w^2(t)$ і повною дисперсією σ^2 існує взаємозв'язок, який не залежить від порогового значення. Повна дисперсія дорівнює:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^I (i - \mu)^2 P(i), \quad (2.23)$$

$$\text{де } \mu = \sum_{i=1}^I iP(i).$$

Зв'язок між цими двома видами дисперсій дозволяє скоротити обчислювальні витрати на визначення найкращого порогу. Враховуючи (2.17-2.22) з (2.23) отримуємо:

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t) + \mu_1(t) - \mu]^2 P(i) + \sum_{i=t+1}^I [i - \mu_2(t) + \mu_2(t) - \mu]^2 P(i) = \\ &= \sum_{i=1}^t \{ [i - \mu_1(t)]^2 + [i - \mu_1(t)][\mu_1(t) - \mu] + [\mu_1(t) - \mu]^2 \} P(i) + \\ &+ \sum_{i=t+1}^I \{ [i - \mu_2(t)]^2 + 2[i - \mu_2(t)][\mu_2(t) - \mu] + [\mu_2(t) - \mu]^2 \} P(i)\end{aligned}$$

Але

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t)][\mu_1(t) - \mu] P(i) &= 0, \\ \sum_{i=t+1}^I [i - \mu_2(t)][\mu_2(t) - \mu] P(i) &= 0.\end{aligned}$$

Так як

$$q_1(t) = \sum_{i=1}^t P(i) \text{ і } q_2(t) = \sum_{i=t+1}^I P(i),$$

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t)]^2 P(i) + [\mu_1(t) - \mu]^2 q_1(t) + \\ &+ \sum_{i=1}^t [i - \mu_2(t)]^2 P(i) + [\mu_2(t) - \mu]^2 q_2(t) = \\ &= [q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t)] + \\ &+ \{ q_1(t)[\mu_1(t) - \mu]^2 + q_2(t)[\mu_2(t) - \mu]^2 \}\end{aligned}\tag{2.24}$$

Перший доданок в дужках – це сума зважених дисперсій кожної групи. Другий доданок в дужках – міжгрупова дисперсія σ_B^2 – сума зважених квадратів відстаней між середніми значеннями кожної групи і середнім значенням всього розподілу. Однак вираз групової дисперсії можна ще

спростити. Відзначимо, що середнє значення всього розподілу можна записати у вигляді:

$$\mu = q_1(t)\mu_1(t) + q_2(t)\mu_2(t). \quad (2.25)$$

Шляхом нескладних математичних перетворень отримаємо:

$$\sigma^2 = \sigma_w^2 + q_1(t)[1 - q_1(t)][\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2.$$

Так як повна дисперсія σ^2 не залежить від t , то його значенням, мінімізуючим $\sigma_w^2(t)$, є значення, при якому досягається максимум групової дисперсії $\sigma_B^2(t)$:

$$\sigma_B^2(t) = q_1(t)[1 - q_1(t)][\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2 \quad (2.26)$$

Для визначення такого значення t всі необхідні величини повинні обчислюватися на основі (2.17-2.22). При цьому існує взаємозв'язок між значеннями цих величин для t і для $t+1$. Рекурентне співвідношення наступне:

$$q_1(t+1) = q_1(t) + P(t+1). \quad (2.27)$$

При цьому початкове значення $q_1(1) = P(1)$. Для середнього значення маємо:

$$\mu_1(t+1) = \frac{q_1(t)\mu_1(t) + (t+1)P(t+1)}{q_1(t+1)}. \quad (2.28)$$

Початкове значення дорівнює $\mu_1(1) = 0$. В результаті маємо:

$$\mu_2(t+1) = \frac{\mu - q_1(t+1)\mu_1(t+1)}{1 - q_1(t+1)}. \quad (2.29)$$

На рис. 2.4 наведено приклад застосування порогової бінарizaції за даним методом.



Рисунок 2.4 – Порогова бінарizaція НЗТЗ

При використанні алгоритмів автоматичного визначення порогу бінарizaції зазвичай робляться деякі припущення щодо форми розподілу значень яскравості пікселів зображення. Тому такі алгоритми добре працюють на зображеннях, які відповідають прийнятим припущенням. У представленому вище алгоритмі, основаному на методі Отсу, розподіл значень яскравості вважається бімодальним. Якщо зображення приблизно задовольняє цьому обмеженню, то алгоритм дасть хороші результати. Якщо ж гістограма зображення далека від бімодальної (спостерігаються більше двох мод – унімодальність), то результати можуть виявитися практично марними. Крім того, даний алгоритм має ще одним істотний недолік. Справа в тому, що поріг бінарizaції в рамках цього методу обчислюється на основі значень інтенсивності всіх пікселів зображення. Це означає, що оцінка порогу є інтегральною. Однак при такому підході існує певний ризик того, що внесок різних деталей зображення і його локальних особливостей може виявитися незначним. Це призведе до того, що зазначені особливості, які містяться як раз в області номерного знаку ТЗ, при бінарizaції будуть втрачені, а кінцевий результат виділення номера виявиться некоректним.

Вирішити цю проблему дозволяє модифікація алгоритму із врахуванням областей локальної бінарizaції шляхом підрахунку порогу для кожного пікселя окремо на основі інформації про інтенсивність пікселів, що знаходяться в деякій його локальній околиці. В даному випадку обчислення порогу бінарizaції починається з розбиття вихідного напівтонового зображення на блоки певного розміру, в рамках яких буде збиратися інформація про

інтенсивність зображення. Розмір такого локального блоку повинен бути мінімальним, але достатнім, щоб зберегти локальні особливості та деталі зображення. З іншого боку, блок повинен бути досить великим, щоб знизити вплив шуму на результат.

2.5. Класифікація текстових символів.

Виключною стадією роботи системи автоматичного розпізнавання номерів автомобілів є розпізнавання сегментованих символів на номерах [4,9]. У цілому, існуючі для цього методи або використовують попередньо побудовані шаблони, або основані на навчанні [9, 10]. У першому випадку для кожного можливого знання створюються спеціальні шаблони, які розміщуються в базі даних [11]. Після цього здійснюється порівняння розпізнаного символу, що вступив на вхід усіма шаблонами шляхом розрахунку метрики (евклідової відстані, відстані Махаланобіса, тощо). При цьому необхідне приведення всіх знаків до одного і того ж розміру. Однак такий метод зазвичай призводить до значних помилок навіть при незначній зміні кольору та освітленості об'єктів ідентифікації [14, 15].

Отже, замість того, щоб порівнювати самі знаки, виділяють їх характерні ознаки (гістограми, проекції інтенсивностей та інше), що призводить до підвищення надійності розпізнавання в цілому. У практичному застосуванні задача класифікації вирішується за допомогою алгоритмів машинного навчання. Кожній складовій множини даних призначається певна мітка класу. За допомогою таких міток екземпляри даних помічаються як звичайні та аномальні. Зазначимо, що призначення міток всім складовим множини зазвичай представляє собою проблематичну процедуру, яка вимагає немало зусиль і часу.

Тому виділяють кілька видів машинного навчання.

1. Контрольоване навчання. Така модель навчання (supervised teaching) вимагає доступності множини навчання, як класу нормальних спостережень. Типовим підходом в рамках таких моделей є прогнозування об'єктів

нормального та аномального класів серед багатьох спостережуваних прикладів. У рамках моделей контрольованого навчання потрібно вирішити дві важливі задачі:

- кількість аномальних екземплярів у навчальній множині не повинна бути менше, ніж кількість прикладів нормальних даних (можна порівняти із відношенням сигнал/шум у прийнятому сигналі);

- у процесі навчання необхідно забезпечити точну процедуру призначення міток класів, що особливо важливо для прикладів аномального класу.

2. Частково контрольоване навчання. В цій моделі навчання (semi-supervised teaching) призначення міток здійснюється лише для навчальних прикладів нормального класу. Наприклад, у рамках задачі виявлення номерних знаків транспортних засобів, мітки призначаються лише для об'єктів класу номерів. Типова задача, яка вирішується за допомогою таких моделей навчання – це побудова моделей, призначених для знаходження тестових прикладів, що відносяться до нормального класу. Далі за допомогою отриманих зведених даних проводиться ідентифікація об'єктів аномального класу.

3. Неконтрольоване навчання. У рамках цієї моделі (unsupervised teaching) не вимагається навчальних даних. Робота моделі оснований на припущенні, що в рамках множини тестових прикладів екземплярів нормального класу зустрічаються набагато частіше, ніж аномалії. Звідси слідує і головний недолік неконтрольованого навчання – якщо початкове припущення не верне, то модель буде видавати велике число випадків хибних рішень.

Слід зазначити, що у багатьох випадках частково контрольована модель навчання може бути адаптована для неконтрольованого випадку з використанням нерозмічених даних у якості навчальної множини. В основі такого підходу лежить припущення про те, що тестові дані містять дуже мало аномалій, а моделі, які будуються в ході навчання, стійкі до цієї невеликої кількості аномалій. Як правило, вони забезпечують високу точність розпізнавання, отримані методи порівняння з шаблоном. Однак при цьому збільшується час обробки інформації.

2.6. Визначення ключових особливостей зображення

Для вирішення підзадачі виділення номерного знаку на цифровому зображенні в рамках даної роботи застосовується метод, оснований на знаходженні ключових особливостей, які має номерний знак, а саме її геометрії (кутів). Для цього застосовується кутовий детектор Харріса [17]. Є поточна точка зображення кутовою чи ні, алгоритм визначає на основі статистики значень градієнта інтенсивності зображення в рамках околиці даного пікселя. Результатом роботи алгоритму є карта кутових особливостей зображення (назвемо її картою Харріса). Далі ця карта піддається процедурі порогової обробки (бінаризації), після чого відбувається вилучення областей зв'язків, виявлених на попередній стадії. Одна з даних областей і буде відповідати номерному знаку.

Для знайденої області необхідно вирішити задачу бінарної класифікації даних областей. Ця задача складається з опису виявлених областей за допомогою певного набору ознак і безпосередньої класифікації з використанням алгоритму машинного навчання. Даний алгоритм на основі деякого вирішального правила визначає, є знайдена на зображенні область номерним знаком чи ні. На виході алгоритм видає координати місця розташування номерного знаку на кадрі.

Детектор кутів, або в більш загальній термінології детектор точкових особливостей, є підходом, який застосовується в системах комп'ютерного зору для знаходження певних особливостей на цифровому зображенні. У літературі описано досить багато різних детекторів точкових особливостей [9, 10, 14-16]: детектори Моравця, Ші-Томасі та інші. Одним з головних недоліків багатьох алгоритмів є їх висока обчислювальна складність при невисокій точності. Серед них найбільш точні результати показує алгоритм Харріса, який з певними власними модифікаціями і застосовуємо в даній роботі.

Модифікований алгоритм Харріса перевіряє кожен піксель на цифровому зображенні, щоб визначити, чи є він вершиною кута, розглядаючи деяку локальну околиця даного пікселя. В рамках цієї околиці підраховується

статистика градієнта інтенсивності зображення, на основі якої згодом приймається рішення про те, чи є в даній точці локальна особливість чи ні. Якщо розглянутий піксель знаходиться в області з рівномірною інтенсивністю, то зміна інтенсивності зображення від однієї ділянки зображення до іншого буде незначною.

Якщо поточний піксель належить границі будь-якого об'єкта зображення, то вздовж одного з напрямків буде спостерігатися істотна зміна інтенсивності, тоді як в інших напрямках такі зміни будуть малі.

Якщо ж зміна інтенсивності є істотною в двох напрямках, то аналізована точка зображення є вершиною кута.

Розглянемо цифрове півтонування, позначивши двовимірну функцію інтенсивності $I(x, y)$. Запишемо вираз для зваженої суми квадратів різниць між двома сусідніми ділянками зображення $I(u, v)$ і $I(u + x, v + y)$:

$$S(x, y) = \sum_u \sum_v w(u, v) [I(u, v) - I(u + x, v + y)]^2 \quad (2.30)$$

У формулі (2.30) функція $w(u, v)$ являє собою гаусівську віконну функцію, на яку множиться сума квадратів різниць між сусідніми ділянками з метою зниження чутливості алгоритму до шуму:

$$w(u, v) = \frac{1}{2\pi\sigma} e^{-\frac{u^2+v^2}{2\sigma^2}} \quad (2.31)$$

В рамках локальної околиці досліджуваного пікселя вираз в квадратних дужках може бути апроксимований рядом Тейлора:

$$I(u + x, v + y) = I(u, v) + \frac{\partial I}{\partial x}(u, v)x + \frac{\partial I}{\partial y}(u, v)y \quad (2.32)$$

Підставивши (2.31) в (2.30), отримаємо:

$$S(x, y) \approx \sum_u \sum_v w(u, v) \left[\frac{\partial I}{\partial x}(u, v)x + \frac{\partial I}{\partial y}(u, v)y \right]^2 \quad (2.33)$$

Вираз (2.33) можна переписати в матричному вигляді:

$$S(x, y) \approx (xy)M(x, y)^T \quad (2.34)$$

У рівності (2.34) величина M має вигляд:

$$M(x, y) = \sum_u \sum_v w(u, v) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

У виразі (2.35) квадратні дужки позначають операцію усереднення (додавання по u і v в рамках локальної околиці поточного пікселя). Матриця $M(x, y)$ і є матрицею Харріса.

Очевидно, що точкова особливість зображення характеризується великою зміною величини $S(x, y)$ у всіх напрямках. Про те, наскільки велике її значення в даній точці, можна судити на основі аналізу власних значень матриці Харріса. Позначимо їх α і β , тоді величина $S(x, y)$ буде пропорційна кожному з них. При цьому буде реалізовуватися один з наступних випадків:

1. $\alpha \approx 0$ і $\beta \approx 0$. У цьому випадку величина зваженої суми квадратів різниць між двома сусідніми ділянками зображення також досить мала, піксель, який розглядається, знаходиться в області рівномірної інтенсивності і не має локальної точкової особливості.

2. $\alpha \approx 0$, β є досить великим додатним числом. Величина $S(x, y)$ мала уздовж одного з напрямків, але велика уздовж будь-якого з інших напрямків. У цьому випадку інтенсивність зображення має перепад уздовж одного напрямку, що свідчить про виявлення краю.

3. α і β є великими додатними числами. В цьому випадку спостерігається досить сильна зміна інтенсивності зображення уздовж всіх напрямків, що свідчить про виявлення точкової особливості типу кут.

На рис. 2.5 приведена діаграма, наочно ілюструюча зазначені висновки.

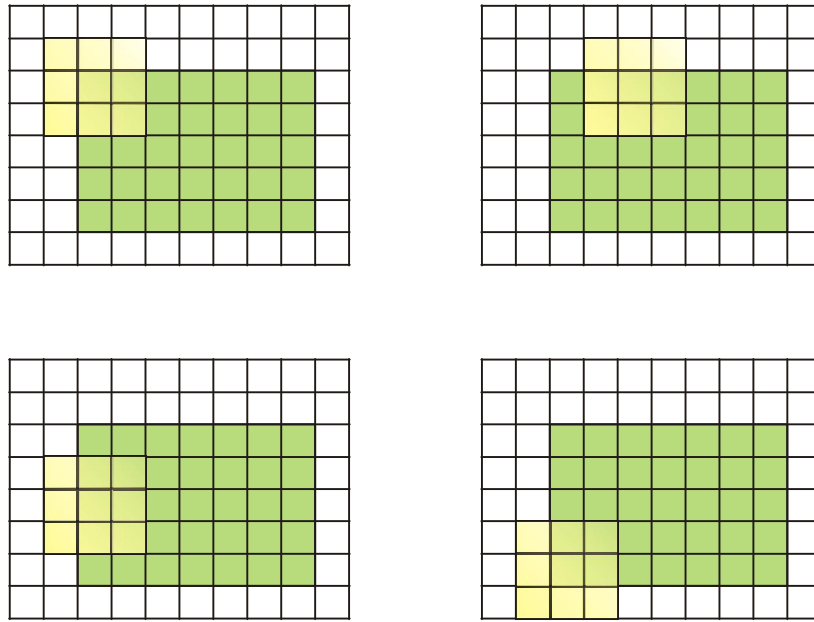


Рисунок 2.5 – Види точкових особливостей зображення в залежності від значень складових матриці Харріса

Таким чином, для виявлення точкових особливостей на зображенні необхідно визначити власні значення матриці Харріса. При цьому справедливі наступні співвідношення:

$$\det(M) = \alpha\beta, \quad (2.36)$$

$$\text{trace}(M) = \alpha + \beta \quad (2.37)$$

Тоді замість безпосереднього обчислення значень α і β можна обчислити функцію відгуку:

$$R = (\alpha\beta) - k(\alpha + \beta)^2 = \det(M) - k\text{trace}^2(M) \quad (2.38)$$

Значення параметра у формулі (2.38) обчислюється емпірично. Дана функція відгуку є двовимірною функцією координат пікселів і є

картою кутків Харріса. Величина R додатна в області кута, від'ємна в області краю і приймає дуже маленькі значення в областях з рівномірної інтенсивністю.

Підводячи підсумок всьому вищесказаному, слід зазначити, що алгоритм Харріса має більш високу точність у порівнянні з іншими детекторами точкових особливостей. Маючи в розпорядженні карту відгуків детектора Харріса, на якій відзначені всі виявлені точкові особливості зображення, можна приступити до пошуку тих областей, які можуть бути номерним знаком транспортного засобу. Однак перш ніж це зробити, необхідно застосувати до початкової карті кутків порогову обробку для того, щоб відокремити світлі пікселі, відповідні шуканим областям, від темних, відповідним фону.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. В даному розділі здійснено постановку задачі магістерської роботи, та вказано, що її вирішення потребує комплексного науково-технічного підходу.

2. Розроблений багатоетапний алгоритм детектування номерних знаків транспортних засобів, який дозволяє здійснювати їх ідентифікацію з високою ймовірністю (99%), що вказує на його ефективність і конкурентоспроможність.

3. Процес ідентифікації номерних знаків транспортних засобів містить наступні елементи детектування: порівняння за шаблоном, застосування морфологічних операторів, дилатацію, обчислення проєкцій зображення та бінаризацію. В процесі порівняння за шаблоном визначається спосіб знаходження ступеню кореляції виділеної області зображення і шаблону методом перехресної кореляції, яка основана на обчисленні квадрата евклідової відстані між шаблоном і зображенням та формуванням функції нормованої перехресної кореляції. До переваг методу порівняння з шаблоном відносяться простота обчислення міри схожості, крім якої не потрібно знаходження будь-яких інших величин. Недоліками даного методу є великий об'єм необхідних обчислень та неінваріантність до обертання, масштабування і перспективних спотворень. Застосування морфологічних операторів базується на понятті максимуму і мінімуму функції та дозволяє визначати границі прямокутної області, в якій містяться символи номерного знаку. Недоліком морфологічних методів детектування є необхідність в інформації про реальні розміри номерного знаку, однак ця інформація відома достовірно. Операція обчислення проєкцій зображення, основана на різній інтенсивності цифро-буквеного коду і загального фону номерного знаку та містить визначення границь номерного знаку шляхом аналізу горизонтальних і вертикальних проєкцій. Метод проєкцій є досить простим в реалізації і має високу швидкодію. Однак також має недолік – не дозволяє ідентифікувати області кількох номерних знаків.

4. Розроблено метод сегментації цифро-буквеного коду із врахуванням інформаційного змісту аналізованого зображення. В основу алгоритму

покладено використання енергетичної та вартісної функцій, а так же правило автоматичного формування лінії поділу між символами.

5. Удосконалено механізм бінаризації зображень, адаптувавши його під задачу розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Модифікація алгоритму полягає у врахуванні областей локальної бінаризації шляхом підрахунку порогу для кожного пікселя окремо на основі інформації про інтенсивність пікселів, що знаходяться в деякій його локальній околиці.

3. АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Алгоритм ідентифікації номерних знаків транспортних засобів (НЗТЗ) побудований на процедурі оптимального аналізу обробки. Відношення правдоподібності прийняття рішення:

$$\Pi = W_1(U_m) / W_0(U_m) \quad (3.1)$$

де U_m – вхідна напруга (може бути задана дискретними відліками;

$W_1(U_m)$ – щільності ймовірності відліків вхідної напруги U_m при наявності сигналу.

$W_0(U_m)$ – щільності ймовірності відліків вхідної напруги U_m при відсутності сигналу.

Нехай $\{Z_n\}$ – множина сигнальних послідовностей Z_n довжини n , при появі кожної з яких на вході ідентифікатора приймається рішення про присутність об'єкту ідентифікації. Використовуючи отриманий результат, можна сформулювати правило формування сигнальних множин $\{Z_n\}$, $n=1, 2, \dots$, при яких забезпечується мінімум t_1 , при заданому розподіленні ймовірностей $P(t_0)$ інтервалу t_0 між хибними виявленнями об'єкта ідентифікації. Це правило полягає у наступному: сигнальна множина $\{Z_n\}$ включає в себе всі послідовності Z_n , які задовільняють умові:

$$\Pi(Z_n) = \sum_{k=1}^n \prod_{i=k}^n \Pi(Z_i) \geq C_n, \quad (3.2)$$

де константа C_n вибирається таким чином, щоб ймовірність виконання співвідношення (3.2) при відсутності об'єкта ідентифікації дорівнювала заданому значенню ймовірності $P(t_0=n)$.

При фіксованому значенні ймовірності $P(t_0=n)$ будь-яка сигнальна множина, що не співпадає повністю з нерівністю (3.3), буде містити послідовності Z_n , при яких:

$$\sum_{k=1}^n \prod_{i=k}^n \Pi(Z_i) < C_n, \quad (3.3)$$

Величину $\Pi(Z_n)$ можна записати у вигляді:

$$\Pi(Z_n) = \left[1 + \sum_{k=1}^{n-1} \prod_{i=k}^{n-1} \lambda(Z_i) \right] \lambda(Z_n), \quad (3.4)$$

де $\lambda(Z_i) = P_1(Z_i) / P_0(Z_i)$, $\lambda(Z_n) = P_1(Z_n) / P_0(Z_n)$.

Тоді як

$$\sum_{k=1}^{n-1} \prod_{i=k}^{n-1} \lambda(Z_i) = \lambda(Z_{n-1}), \quad (3.5)$$

Із (3.4) одержуємо:

$$\Pi(Z_n) = [1 + \Pi(Z_{n-1})] / \lambda(Z_n). \quad (3.6)$$

Відповідно до цього рекурентного співвідношення, оптимальний пристрій виявлення об'єкта ідентифікації має вигляд (рис. 3.1):

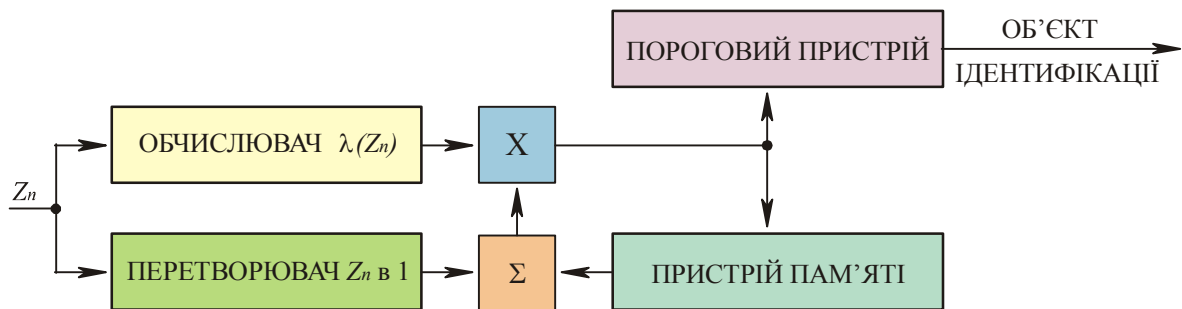


Рисунок 3.1 – Пристрій швидкого виявлення об'єкта ідентифікації

Пристрій пам'яті призначений для зберігання вихідної величини помножувача протягом періоду проходження відліків послідовності Z_n . Пороговий пристрій видає сигнал «об'єкт ідентифікації», якщо вихідна величина помножувача, рівна $\Pi(Z_n)$, перевищує поріг C_n .

Якщо час перебування об'єкта ідентифікації в зоні спостереження обмежений, пристрій швидкого виявлення набуває вигляду:

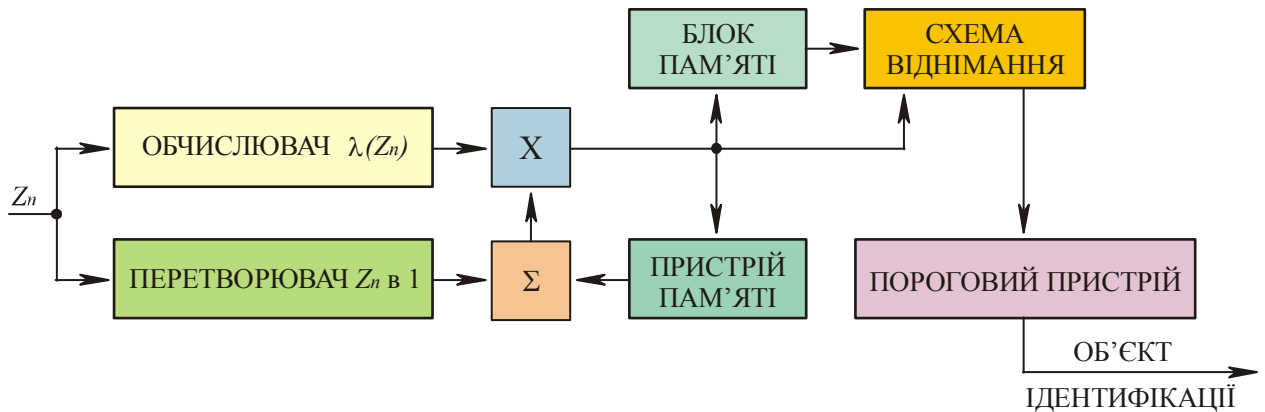


Рисунок 3.2 – Пристрій швидкого виявлення при обмеженому часі перебування об'єкта ідентифікації в зоні спостереження

Блок пам'яті зберігає $\Pi(Z_{n-r})$ протягом r періодів ідентифікації. Він містить $r-1$ комірок пам'яті для зберігання $\Pi(Z_{n-r+1}), \Pi(Z_{n-r+2}), \dots, \Pi(Z_{n-1})$. Схема віднімання формує різницю $\Pi_r(Z_n)$ величин $\Pi(Z_n)$ і $\Pi(Z_{n-r})$, перша з яких надходить з виходу помножувача, а друга – з блоку пам'яті.

У випадку, коли нижній поріг дорівнює одиниці ми одержуємо метод виродженого послідовного аналізу. Пристрій виявлення об'єкта ідентифікації при використанні даного методу включає в себе блок формування величини $l(Z_n)$, суматор, блок пам'яті і пороговий пристрій (рис. 3.3).

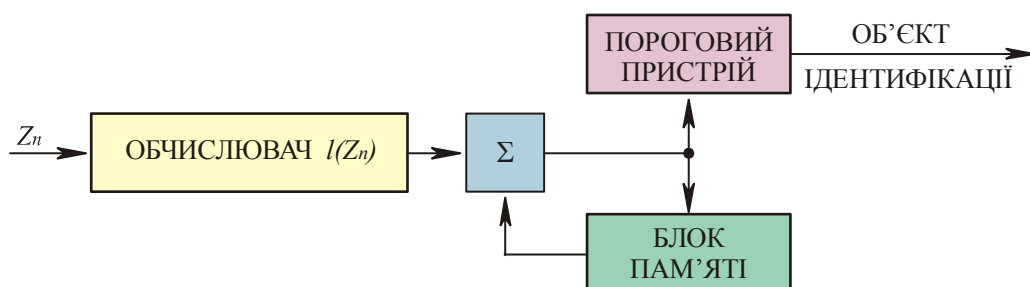


Рисунок 3.3 – Пристрій швидкого виявлення об'єкта ідентифікації методом виродженого послідовного аналізу

В контексті обраного критерію присутності об'єкта в точці спостереження, всі об'єкти зображення (в тому числі виділені із відеопослідовності) можна характеризувати на корисні та хибні (сторонні), які мають ряд загальних характеристик:

1) площа зображення об'єкта S може характеризуватися кількістю точок, в яких відслідковується присутність об'єкта спостереження / ідентифікації ($R=1$):

$$S = \sum_{y=0}^{n_y-1} \sum_{x=0}^{n_x-1} R(x, y), \quad (3.7)$$

де n_x, n_y – кількість горизонтальних і вертикальних елементів зображення відповідно.

Така трактовка об'єкта ідентифікації має на увазі прийняття за одиницю вимірювання величину площі елемента матриці. Таким чином, зображення об'єкта одиничної площі характеризує об'єкт за площею поверхні:

$$S_1 = \left(\frac{ax_0}{F} \right)^2, \quad (3.8)$$

де a – довжина сторони елемента матриці;

x_0 – відстань від об'єкта до точки спостереження;

F – фокусна відстань оптики камери спостереження.

2) умовний центр об'єкта ідентифікації – точка центру маси складного об'єкта (області вписаної у правильну фігуру ідентифікації). Координати точки визначаються середнім арифметичним значенням відповідних координат точок всього об'єкта:

$$x_u = \frac{1}{S} \sum_i x_i \quad (3.9)$$

$$y_u = \frac{1}{S} \sum_i y_i \quad (3.10)$$

3) дисперсія координат об'єкту ідентифікації – статистична характеристика, що характеризує розподіл об'єкта в просторі. Визначається як математичне сподівання квадрату відхилення координат об'єкту від координат умовного центру:

$$D_x = \frac{1}{S} \sum_i (x_i - x_u)^2 \quad (3.11)$$

$$D_y = \frac{1}{S} \sum_i (y_i - y_u)^2 \quad (3.12)$$

Визначення даної величини особливо важливе при вирішенні задачі виділення сигналу стороннього об'єкта, локалізованого в обмеженій області зображення, на фоні розподілених по великій площі перешкод у вигляді атмосферних опадів, коливань освітленості, тощо.

4) час присутності об'єкта в точці спостереження – величина проміжку часу між двома послідовними моментами зміни критерію присутності об'єкта на протилежні значення.

Введений нами критерій присутності об'єкта в точці характеризує зміну освітленості в певній області відеозображення, що непрямим чином може свідчити про появу в полі зору стороннього об'єкта. Однак потрібно розробити алгоритми визначення присутності стороннього об'єкта, які відрізняються, в основному, методом вибору еталонного зображення.

Алгоритм детекції руху. В даному алгоритмі в якості еталонного вибирається зображення, яке безпосередньо передуює аналізованому. У цьому випадку критерій присутності об'єкта в точці обчислюється наступним чином:

$$R(x, y) = R_{n,n-1}(x, y) \quad (3.13)$$

Блок-схема запропонованого алгоритму детекції руху представлена на рис. 3.4.

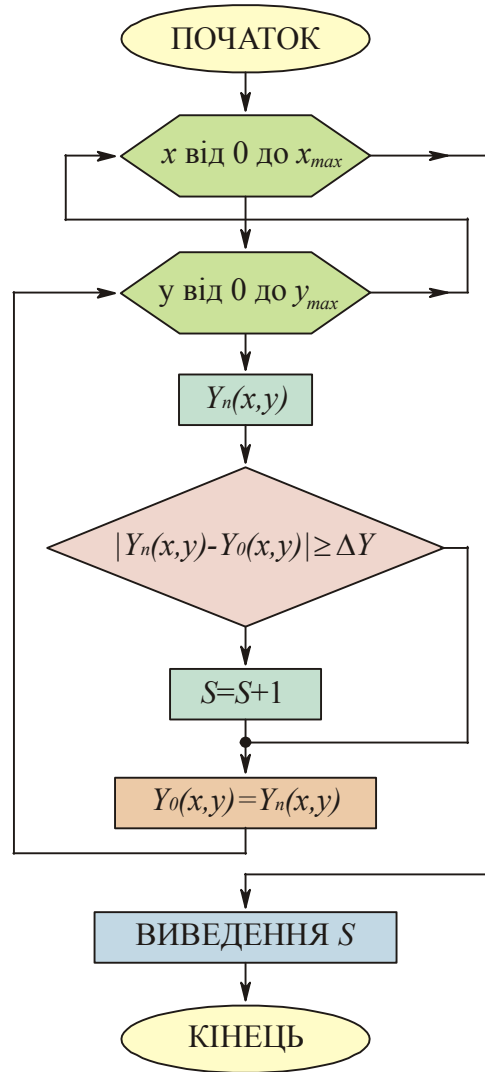
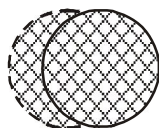
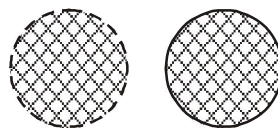


Рисунок 3.4 – Блок-схема алгоритму детекції руху

Результатом роботи даного алгоритму є величина S площі зображення об'єкта. Даний метод простий у реалізації, проте має істотні недоліки. Якщо об'єкт ідентифікації здійснить переміщення в просторі під час обробки зображення, критерій присутності матиме нульове значення в точках, відповідаючих як початковому положенню об'єкта, так і його поточному стану.



а)



б)

Рисунок 3.5 – Помилки визначення площі об'єкта

На рис. 3.5, заштрихованими показані області зображення, в яких буде виявлено присутність об'єкта. Зрозуміло, що за даних умов площі об'єкта буде визначена не вірно, причому похибка вимірювання буде залежати від частоти зміни зображення, його розмірів і швидкості пересування. У першому випадку (рис. 3.5, *a*), похибка буде незначною, тоді як у другому (рис. 3.5, *б*) величина площі об'єкта буде завишена вдвічі. Особливо ускладнене використання даного методу при аналізі відеозображення, що містить множинні рухомі об'єкти. В контексті нашої задачі це може бути потік автомобілів на перевантаженій автомагістралі (рис. 3.6) або сторонні предмети (наприклад гідрометеори, листя, гілки дерев) (рис. 3.7).

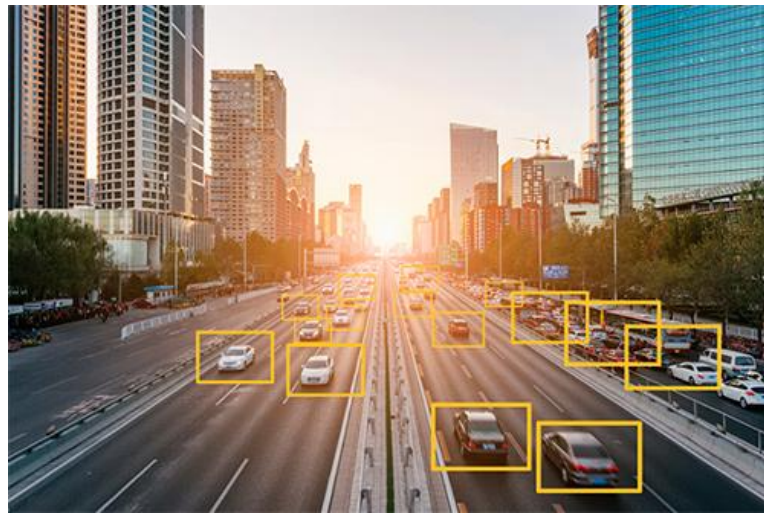


Рисунок 3.6 – Множинне визначення номерних знаків ТЗ



Рисунок 3.7 – Гідрометеори в якості множинних об'єктів ідентифікації

Алгоритм детекції присутності – даний метод є розвитком попереднього і включає його в якості допоміжного (рис. 3.8).

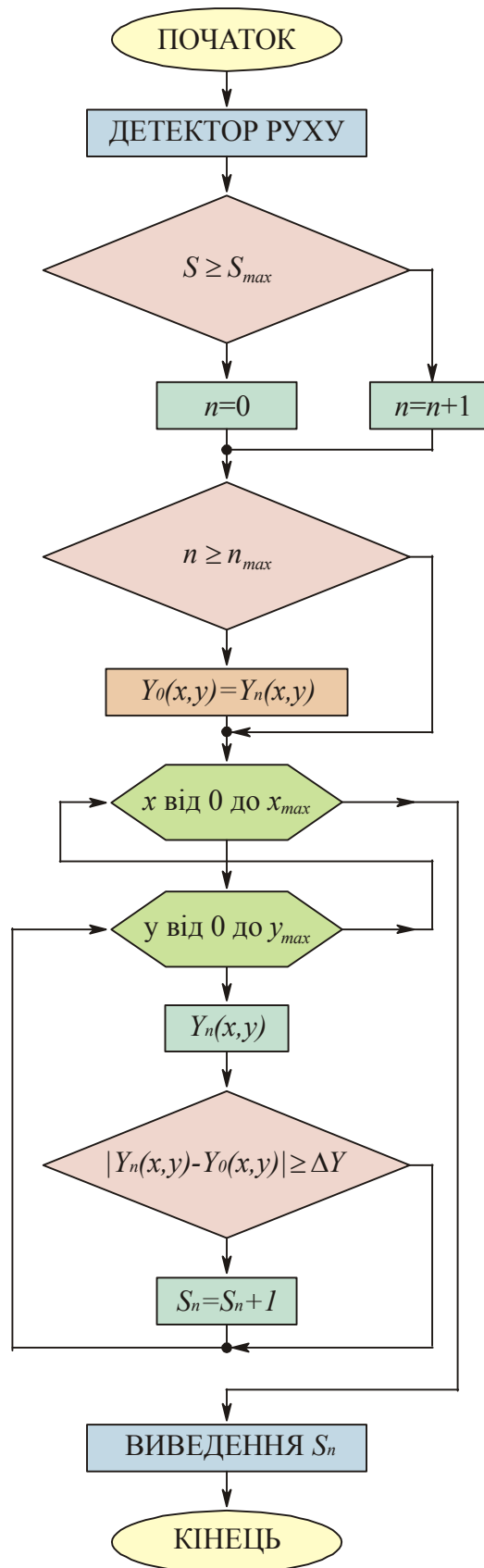


Рисунок 3.8 – Блок-схема алгоритму детекції присутності

Вибір еталонного кадру здійснюється періодично через певний проміжок часу (наприклад, декілька секунд або десятків секунд). Це забезпечує адаптацію алгоритму до добового ходу освітленості. При появі у кадрі стороннього об'єкту, слід ввести певну затримку моменту оновлення. Оскільки виявлений сторонній об'єкт відсутній на еталонному зображенні, його характеристики будуть визначені досить точно.

Основним недоліком даного методу також є складність його використання на фоні розподілених перешкод, які можуть призвести до помилкової затримки оновлення еталонного кадру.

Алгоритм детекції зупинки – метод, оснований на вимірюванні часу присутності об'єкта. Якщо значення критерію присутності буде мати ненульове значення, то рівень освітленості даної групи пікселів, приймається за еталон. Лічильник часу буде обнулений при досягненні критерію присутності нульового значення або при перевищенні контрольної суми, що слугуватиме сигналом про виявлення стороннього об'єкту.

Вибір контрольного часу прийняття рішення здійснюється на основі інформації про часові характеристики шуканих об'єктів. Так, наприклад, установка проміжку близько однієї секунди дозволяє істотно знизити ймовірність спрацьовування алгоритму при попаданні в поле зору сторонніх рухомих предметів (падаючого листя, гідрометеорів) або короткочасних засвічень (спалахи блискавки, світло фар автомобілів).

На основі розглянутих розрізнених алгоритмів ідентифікації запропонований метод автоматичного розпізнавання номерних знаків транспортних засобів (НЗТЗ), рис. 3.9.

Основна робота запропонованої системи автоматичного розпізнавання полягає в наступному: в зоні руху автомобіля (поток автомобілів) встановлена камера, яка знімає зображення і передає в систему автоматичного розпізнавання та ідентифікації НЗТЗ. Номер, розпізнаний системою, порівнюється із базою даних, виводиться системою візуалізації і/або формується сигнал реакції відповідних виконавчих пристроїв.

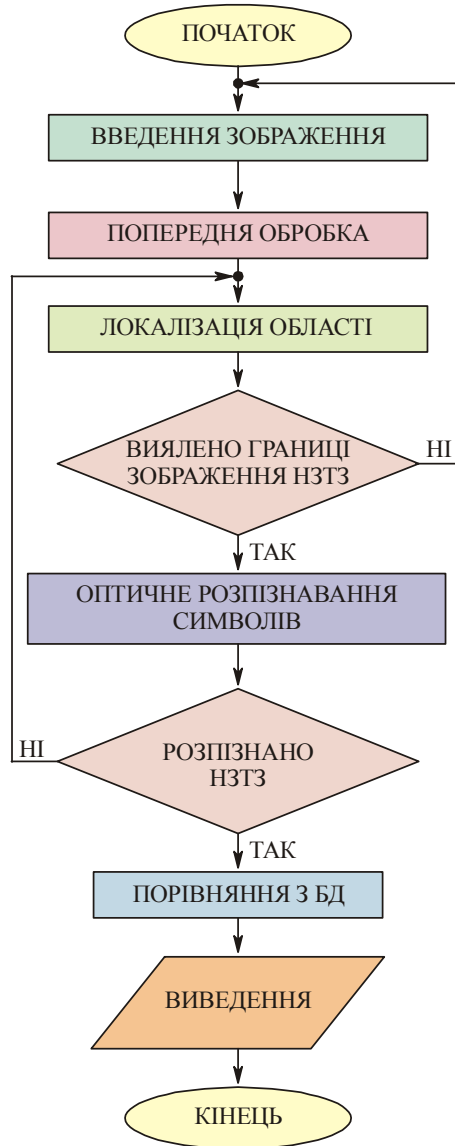


Рисунок 3.9 – Блок-схема автоматичного розпізнавання номерних знаків
НЗТЗ – номерні знаки транспортного засобу; БД – база даних

Запропонована система автоматичного розпізнавання НЗТЗ зчитує вхідне зображення, зроблене камерою, і передає його в блок попередньої обробки. Основною операцією блоку попередньої обробки є усунення шуму, причому даний шум може мати двояке походження: бути спричиненим процедурою оцифрування зображення під час отримання та передачі і бути природними (зовнішніми), які присутні на зображенні. Блок попередньої обробки зображень намагається відновити зображення, які могли бути погіршені з деяких внутрішніх чи зовнішніх причин. Як вже було показано вище, зображення, яке містить шум, можна представити наступним рівнянням:

$$g(x, y) = f(x, y) + n(x, y) \quad (3.14)$$

де $f(x, y)$ – оригінальне зображення, $n(x, y)$ – шум, який може бути викликаний будь-яким фактором, а $g(x, y)$ – результуючий шумний піксель зображення.

Для покращення структури зображення може застосовуватися гаусівське згладження – просторова фільтрація на основі функції Гауса, яка використовується в блоці попередньої обробки для видалення адаптивного шуму, присутнього на зображенні [12-16]. Це дозволяє здійснити часткове розмивання та зменшення шуму на зображенні. Одновимірною функцією Гауса:

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (3.15)$$

Для двовимірного випадку, вираз складається з двох таких функцій, по одній для кожної осі виміру:

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3.16)$$

де x – горизонтальні координати зображення;

y – вертикальні координати зображення;

σ – стандартне відхилення розподілу Гауса.

Робота 2d методу фільтрації Гауса характеризується формуванням деякої поверхні зображення з новими контурами. Для кожного нового значення пікселя визначається його середнє зважене значення. А значення поточного оригінального пікселя має більшу вагу (найвище значення розподілу Гауса), а сусідні пікселі отримують все меншу вагу в залежності від того наскільки далеко вони знаходяться від поточного оригінального пікселя. Це і спричиняє ефект розмитості, зберігаючи границі об'єкта ідентифікації краще, ніж інші, аналогічні фільтри. В даному процесі, швидкість обробки даних має

першочергове значення, адже одночасно може відбуватися ідентифікація кількох десятків об'єктів (рис. 3.6, 3.7). Тому для скорочення часу обчислень можна скористатися лінійно відокремленим розмиванням Гауса, розділивши цей процес на два етапи. У першій ітерації формується одновимірна матриця (тільки в горизонтальному напрямку) і здійснюється відповідне розмивання зображення. На другій ітерації формується одновимірна матриця вертикального напрямку з відповідним розмиванням. Отриманий результат відповідає результату з використанням двовимірних матриць, але вимагає меншої кількості обчислень. Дискретизація відбувається шляхом ітерацій гаусівських дискретних точок.

На наступному етапі роботи алгоритму ідентифікації здійснюється вибір конкретної ділянки області та її границь допомогою детектора Кенні. Здійснюється формування градієнтних областей там, де градієнт набуває найбільшого значення. Вони можуть мати різні напрямки, тому алгоритм Кенні використовує чотири фільтри для визначення горизонтальних, вертикальних і діагональних ребер в розмитому зображенні.

$$g(x, y) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \quad (3.17)$$

$$\Theta = \arctg\left(\frac{g_y}{g_x}\right) \quad (3.18)$$



а)

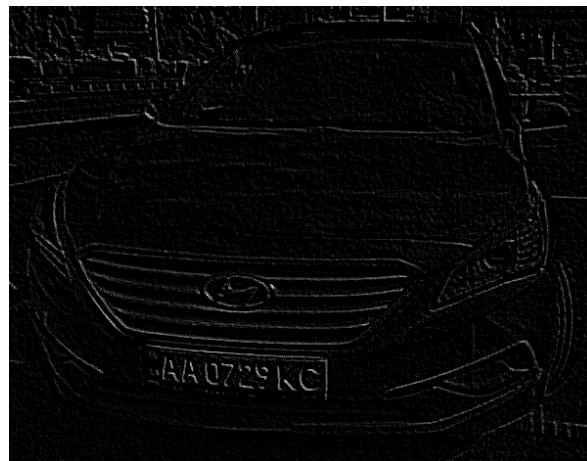


б)

Рисунок 3.10 – Захоплене зображення та процедура обробки. Аркуш 1



в)



г)

Рисунок 3.10 – Захоплене зображення та процедура обробки. Аркуш 2:

- а) оригінальне зображення з явно вираженою пікселізацією;
 б), в) просторова фільтрація Гауса; г) виділення країв за допомогою детектора Кенні

Для задачі виділення країв області ідентифікації, окрім застосування алгоритму Кенні, також використовується перетворення Хафа (Hough) [17].

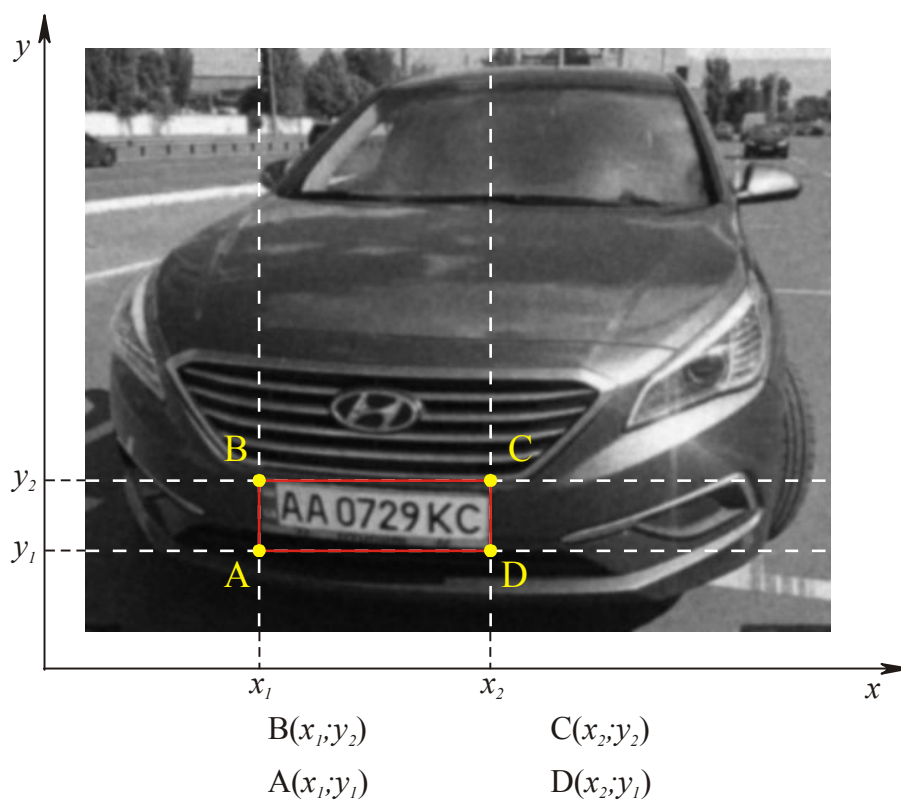


Рисунок 3.11 – Виявлення границь номерного знаку транспортного засобу

Дане перетворення застосовуваний для параметричної ідентифікації геометричних елементів растрового зображення і являється потужним глобальним методом виявлення прямих ліній та простих геометричних фігур – горизонтальних і/або вертикальних країв.

Після виявлення границь зображення, що відповідає місцю розташування номерного знаку відбувається виділення та розпізнавання символів:

AA 0729 KC

Ідентифікований номер порівнюється із базою даних та виводиться на пристрій візуалізації. В залежності від виконуваних задач системи ідентифікації, приймається рішення про формування сигналу тривоги, звукових або голосових команд, сигналу керування виконавчими пристроями (автоматичні ворота, шлагбауми), тощо.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. У розділі детально розглянуті та проаналізовані різноманітні підходи до вирішення основної задачі – ідентифікації номерних знаків транспортних засобів: методи послідовного аналізу та оптимальні методи, де в якості критерію оптимальності використовується критерій Неймана-Пірсона. На основі оптимальних методів аналізу розроблені пристрої швидкого виявлення об'єкта ідентифікації та швидкого виявлення при обмеженому часі перебування об'єкта ідентифікації в зоні спостереження.

2. Розроблені алгоритми детекції руху, алгоритми детекції присутності, та алгоритми детекції зупинки. На основі даних розрізнених алгоритмів ідентифікації запропонований загальний метод автоматичного розпізнавання номерних знаків транспортних засобів, який включає просторову фільтрацію Гауса, виділення країв за допомогою детектора Кенні та перетворення Хафа. В результаті обробки зображень формуються границі номерного знаку, відбувається виділення області ідентифікації та розпізнавання символів. Кінцевим результатом є цифро-буквене позначення номерних знаків транспортних засобів.

4. ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ

4.1. Структурна схема системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів.

Матеріали дослідження, представлені вище, дозволяють побудувати власну систему ідентифікації номерних знаків транспортних засобів (рис. 4.1).

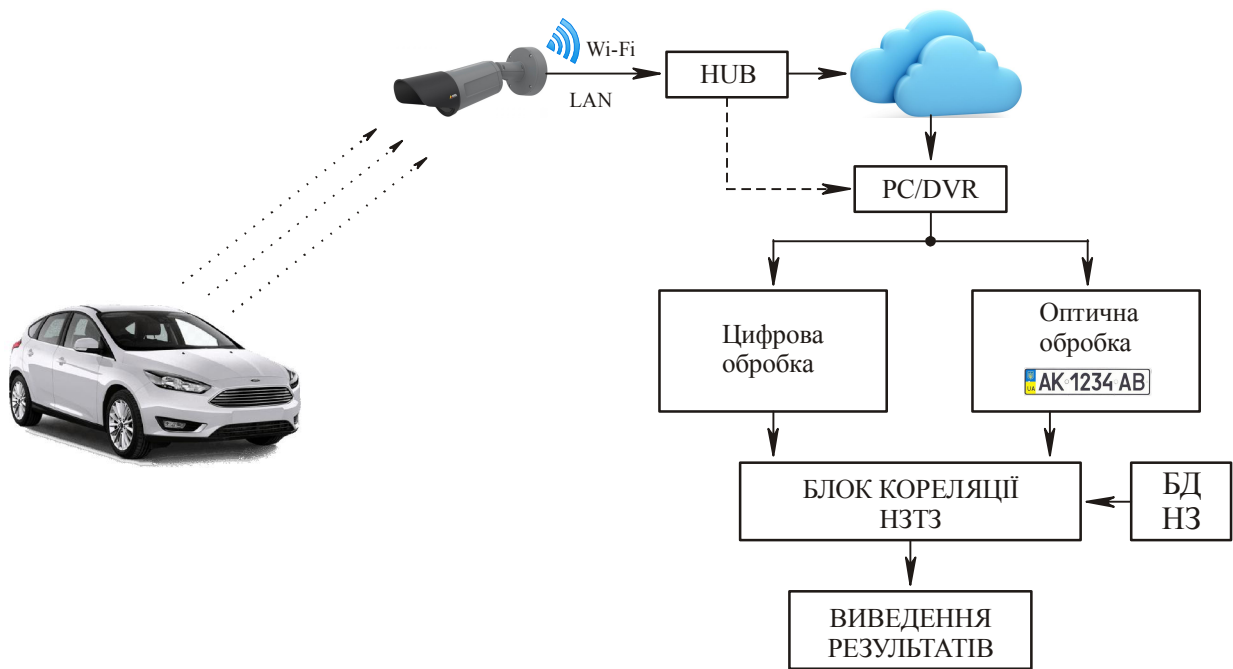


Рисунок 4.1 – Розроблена систему ідентифікації номерних знаків транспортних засобів

Відеокамера встановлена в зоні розпізнавання і направлена на потік автомобілів. Слід сказати, що динамічний режим, на який розраховувалася система – найважчий. Адже автомобілі можуть рухатися з великою швидкістю, йти паралельними потоками, їх кількість також може сягати кілька десятків тощо. Зрозуміло, що у стаціонарному режимі розпізнавання складає 100%.

Сучасні відеокамери для відеоспостереження та ідентифікації (а саме така застосована у дані системі) мають два види інтерфейсів зв'язку: дротові та бездротові. Дротові – це класична вита пара та дротовий інтернет (LAN). До бездротових відноситься багато технологій, однак у відеокамерах, як правило

використовується тільки Wi-Fi. Таким чином, відеосигнал з камери може потрапляти у мережу Інтернет дротовою лінією або через Wi-Fi.

Відеосигнал з камери надходить на мережний комутатор (HUB), яких далі розгалужує сигнал у мережу Інтернет або безпосередньо до комп'ютер (PC) і/або пристрій консервації (DVR). Ці пристрої можуть бути об'єднані на базі ПК, а можуть мати роздільну реалізацію.

Вся подальша обробка відбувається програмними засобами ПК і включає всі операції, які розроблені вище. Обробка здійснюється паралельно, як цифрова, так і оптична, а результати порівнюються у блоці кореляції, який має доступ до баз даних (внутрішніх і/або зовнішніх), в залежності від поставлених задач. Результат обробки і кореляції даних виводиться на пристрій візуалізації (монітор, дисплей, тощо) та може використовуватися для формування сигналів керування різноманітними виконавчими пристроями.

4.2. Технічне забезпечення систем ідентифікації.

4.2.1. Відеокамери.

Відеокамери систем відеореєстрації та ідентифікації являються однією із основних складових даної системи, адже від якості сформованого зображення залежатиме вихідний результат – буде ідентифікований номерний знак транспортного засобу чи ні. Як вже було сказано вище в цьому випадку краще обирати цифрові IP-камери або спеціалізовані камери, призначені для задач ідентифікації. Таким представником є Axis Q6215-LE (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Спеціалізована IP-камера Axis Q6215-LE

ІР-камера Axis Q6215-LE має розрізнявальну здатність 1080р 60 к/с, 30-х оптичне збільшення та 21-х цифрове, кути огляду 360 °/ 90°, формати зберігання SD, SDHC, SDXC, кліматичний захист IP66 / 68, Ethernet: 1 Гбіт, відеокодек H.264, мінімальний рівень освітленості 0,07 лк. Це досить солідні показники, хоча і не максимальні.

Ще одним досить цікавим представником спеціалізованих відеокамер є AXIS Q8741-LE:



Рисунок 4.3 – Спеціалізована ІР-камера AXIS Q8741-LE

Дана камера забезпечує роздільну здатність 1080р 60 к/с, 30-х оптичне збільшення, та має більші кути огляду – 360 °/ 135°. Особливістю пристрою є підвищений рівень ІЧ підсвічення, який забезпечується двома додатковими ІЧ-прожекторами, направленими в зону спостереження.

4.2.2. Додаткові системи ІЧ-підсвічування

Слід сказати, що ІЧ-підсвічування можна організувати окремими ІЧ-прожекторами підвищеної потужності (рис. 4.4, 4.5).



Рисунок 4.4 – Потужна додаткова інфрачервона система освітлення

Дана система має надпотужних 18 ІЧ світлодіодів і забезпечує освітлення на відстані до 80 м.

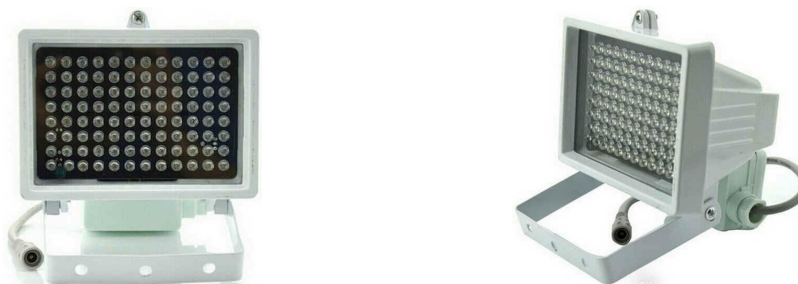


Рисунок 4.5 – Потужний ІЧ-прожектор LW96-100IR60-220

ІЧ-прожектор LW96-100IR60-220 має 96 ІЧ світлодіодів та відстань освітлення 100 м.

Діаграми направленості ІЧ-прожекторів можуть сягати сотень метрів (рис. 4.6).

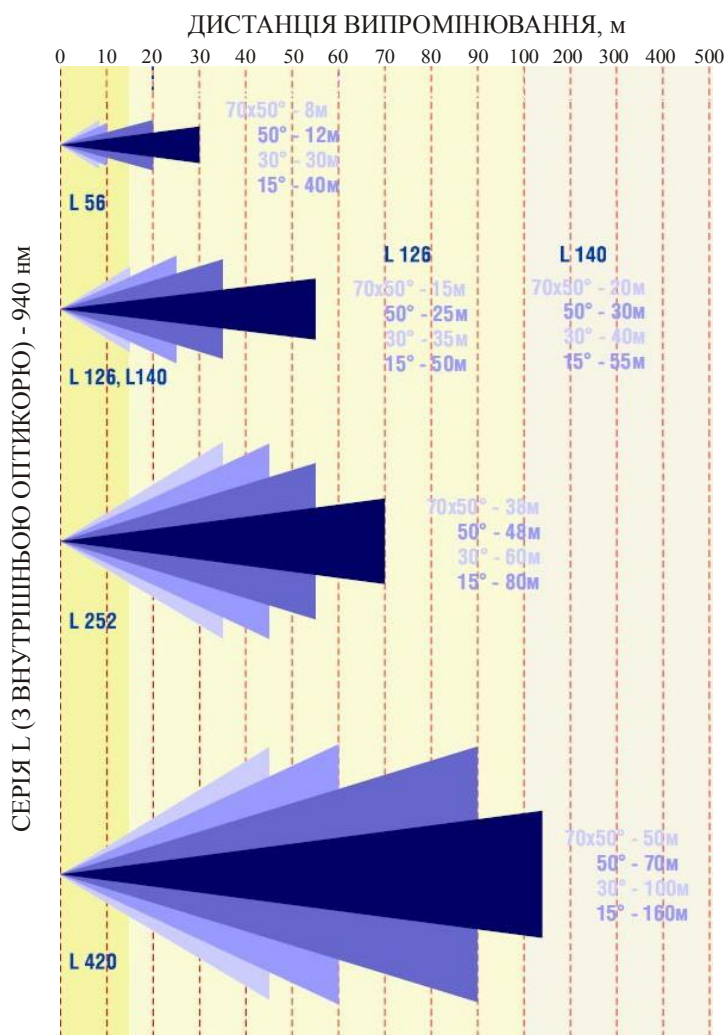


Рисунок 4.6 – Діаграми направленості ІЧ-прожекторів 940 нм до 100 м

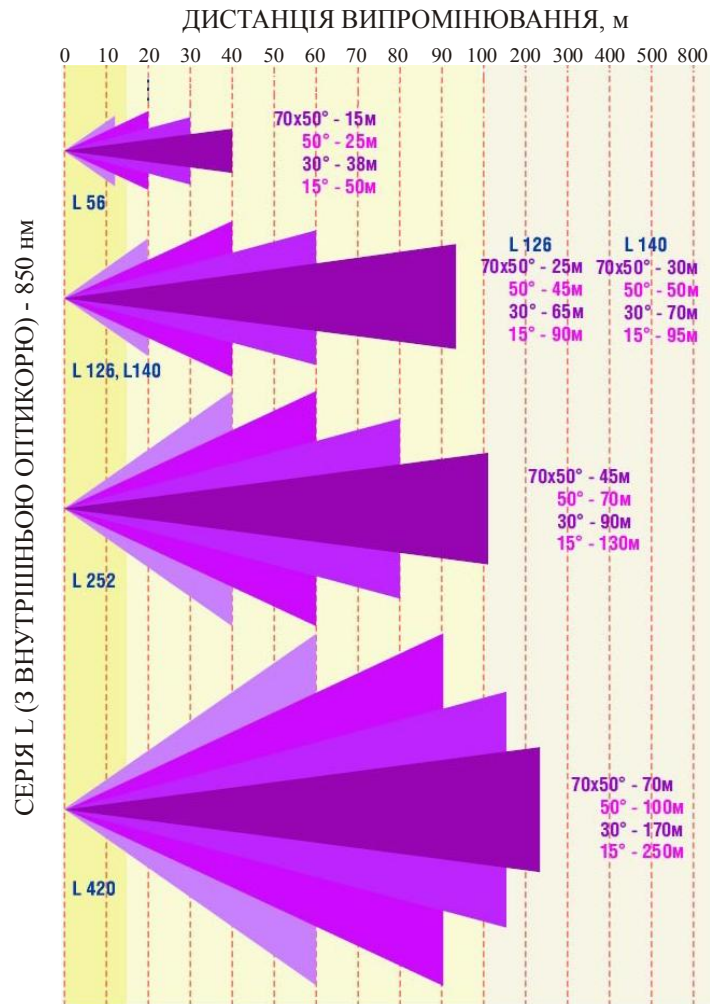


Рисунок 4.7 – Діаграми направленості ІЧ-прожекторів 850 нм до 200 м

Існують навіть ІЧ прожектори з відстанню освітлення 500 м і більше.

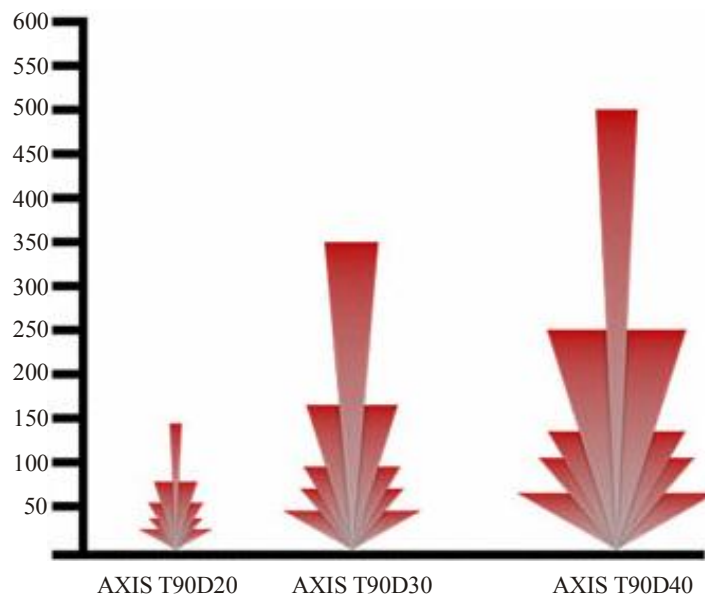


Рисунок 4.8 – Діаграми направленості ІЧ-прожекторів до 500 м

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Розроблена структурна схема сучасної системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів на основі розроблених алгоритмів, які дозволяють з високою точністю (99%) розпізнавати номерні знаки швидко рухомих об'єктів.

2. Система має гнучку конфігурацію і дозволяє працювати як з Інтернет мережею, так і за допомогою бездротових технологій Wi-Fi.

3. В розділі надається ряд технічних рішень для реалізації реальної системи ідентифікації, пропонуються конкретні види промислового обладнання, здійснюється підбір їх основних характеристик.

ВИСНОВКИ

1. В роботі здійснено огляд та проведено аналіз найбільш популярних систем розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Основними недоліками існуючих систем є мала відстань ідентифікації, неможливість розпізнавання непрямокутних форм номерних знаків та робота з великим рівнем завад. Доведено актуальність даної проблеми та необхідність в системному науково-технічному підході у вирішенні поставлених задач.

2. Розроблено математичний апарат ідентифікації номерних знаків транспортних засобів, який містить наступні елементи детектування: порівняння за шаблоном, застосування морфологічних операторів, дилатацію, обчислення проєкцій зображення та бінаризацію. В процесі порівняння за шаблоном визначається спосіб знаходження ступеню кореляції виділеної області зображення і шаблону методом перехресної кореляції, яка основана на обчисленні квадрата евклідової відстані між шаблоном і зображенням та формуванням функції нормованої перехресної кореляції. До переваг методу порівняння з шаблоном відносяться простота обчислення міри схожості, крім якої не потрібно знаходження будь-яких інших величин. Недоліками даного методу є великий об'єм необхідних обчислень та неінваріантність до обертання, масштабування і перспективних спотворень. Застосування морфологічних операторів базується на понятті максимуму і мінімуму функції та дозволяє визначати границі прямокутної області, в якій містяться символи номерного знаку. Недоліком морфологічних методів детектування є необхідність в інформації про реальні розміри номерного знаку, однак ця інформація відома достовірно. Операція обчислення проєкцій зображення, основана на різній інтенсивності цифро-буквеного коду і загального фону номерного знаку та містить визначення границь номерного знаку шляхом аналізу горизонтальних і вертикальних проєкцій. Метод проєкцій є досить простим в реалізації і має високу швидкодію. Однак також має недолік – не дозволяє ідентифікувати області кількох номерних знаків.

3. Розроблено метод сегментації цифро-буквеного коду із врахуванням інформаційного змісту аналізованого зображення. В основу алгоритму покладено

використання енергетичної та вартісної функцій, а так же правило автоматичного формування лінії поділу між символами.

4. Удосконалено механізм бінаризації зображень, адаптувавши його під задачу розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Модифікація алгоритму полягає у врахуванні областей локальної бінаризації шляхом підрахунку порогу для кожного пікселя окремо на основі інформації про інтенсивність пікселів, що знаходяться в деякій його локальній околиці.

5. Розроблений багатоетапний алгоритм детектування номерних знаків транспортних засобів, який дозволяє здійснювати їх ідентифікацію з високою ймовірністю (99%), що вказує на його ефективність і конкурентоспроможність. Алгоритм включає просторову фільтрацію Гауса, виділення країв за допомогою детектора Кенні та перетворення Хафа. В результаті обробки зображень формуються границі номерного знаку, відбувається виділення області ідентифікації та розпізнавання символів. Кінцевим результатом є цифро-буквене позначення номерних знаків транспортних засобів.

6. На основі запропонованих алгоритмів розроблена структурна схема сучасної системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів, яка має гнучку конфігурацію і дозволяє працювати як з Інтернет мережею, так і за допомогою бездротових технологій Wi-Fi.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 4278:2012 "Дорожній транспорт. Знаки номерні транспортних засобів. Загальні вимоги." зі змінами ІПС № 11-2014.
2. ДСТУ 3650:2012 "Дорожній транспорт. Знаки номерні транспортних засобів. Загальні технічні умови".
3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Том 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 312 с.: ил.
4. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Том 2. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 480 с.: ил.
5. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс // – М.: Техносфера, 2006. – 616 стр.
6. Дьяконов В. П. Matlab 6.0/6.1/6.5/6.5 + Simulink 4/5. Обработка сигналов и изображений. – М.: Солон-Пресс, 2004. – 592 с.
7. Дьяконов В. П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Работа с изображениями и видеопотоками. – М.: Солон-Пресс, 2005. – 400 с.
8. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов (второе издание). – СПб, Питер, 2006. – 751 с.: ил.
9. Минаев Ю. Методы и алгоритмы решения задач идентификации и прогнозирования в условиях неопределенности в нейросетевом логическом базисе / Ю. Минаев, О. Филимонова, Л. Бенамеур // – М.: Горячая линия, Телеком, 2003. – 246 с.: ил.
10. Pratt W. K. Digital Image Processing / W. K. Pratt // – New York; Brisbane: John Wiley and Sons Inc., 2001. – 723 p.
11. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; [пер. с англ. под ред. П. А. Чочиа]. – М.: Техносфера, 2006. – 1070 с.
12. Черных И. Simulink. Среда создания инженерных приложений. – М.: Диалог-МИФИ, 2004. – 268 с.: ил.
13. Потемкин В. Вычисления в среде MATLAB. – М.: Диалог-МИФИ, 2004. – 326 с.: ил.

14. Сергиенко А. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002. – 468 с.: ил.
15. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне; [пер. с англ. А.М. Измайловой] – М.: Техносфера, 2007. – 583 с.
16. Дьяконов В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник / В. Дьяконов, И. Абраменкова // – СПб.: Питер, 2002. – 362 с.
17. Saqib Rasheed. Automated Number Plate Recognition Using Hough Lines and Template Matching / Saqib Rasheed, Asad Naeem, Omer Ishaq // Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science. Vol I WCECS 2012, October 24-26, 2012, San Francisco, USA.

ДОДАТОК А (довідковий)

Номерні знаки України

Номерні знаки транспортних засобів від 2015.

З 31 березня 2015 року відповідно змін в ДСТУ 4278:2012 почалась видача номерних знаків нового зразка. Основна з причин відмови від попередніх зразків є ліквідація корупційної складової. Український інститут промислової власності вніс зміни до бази патентів на промислові зразки, згідно з якими єдиним власником патенту «знак номерний транспортних засобів» став Департамент ДАІ МВС України (рис. А.1).

1.1 Знаки для всіх типів автомобілів, автомобільних причепів, автобусів. Розмір – 520×112 мм, фон – білий, символи – чорні. Поєднання літер ліворуч позначає регіон (див. таблицю), праворуч – серію номерного знака.

1.2 Номерні знаки для маршрутних автобусів та мікроавтобусів і таксі. Розмір – 520×112 мм, фон – жовтий, символи – чорні. Поєднання літер ліворуч позначає регіон, праворуч – серію номерного знака.

2.1 Номерні знаки для тимчасового використання (до 2-х місяців) на легкових і вантажних автомобілях, автобусах та мікроавтобусах, причепах, напівпричепах і причепах-розпусках. Розмір – 520×112 мм, фон – червоний, символи – білі.

2.2 Номерні знаки, видані торговельним підприємством, для тимчасового використання (до 10 діб) на легкових і вантажних автомобілях, автобусах та мікроавтобусах, причепах, напівпричепах і причепах-розпусках. Розмір – 520×112 мм, фон – червоний, символи – білі.

3.1 Номерні знаки для транспортних засобів з об'ємом двигуна, що не перевищує 50 куб.см. Розмір – 140×114 мм, фон – білий, символи – чорні.

3.2 Номерні знаки для тимчасового використання на транспортних засобах з об'ємом двигуна, що не перевищує 50 куб.см. Розмір – 140×114 мм, фон – червоний, символи – білі.

3.3 Номерні знаки, видані торговельним підприємством, для тимчасового використання на транспортних засобах з об'ємом двигуна, що не перевищує 50 куб.см. Розмір – 140×114 мм, фон – червоний, символи – білі.

4 Номерні знаки для автотранспорту дипломатичних представництв, консульств, представництв міжнародних організацій і членів родин їхнього персоналу. Розмір – 520×112 мм, фон – білий, символи – чорні.

5 Номерні знаки для мотоциклів, мотоколясок і моторолерів. Розмір – 220×174 мм, фон – білий, символи – чорні.

6.1 Номерні знаки для тимчасового використання на мотоциклах, мотоколясках і моторолерах. Розмір – 220×174 мм, фон – червоний, символи – білі.

6.2 Номерні знаки, видані торговельним підприємством, для тимчасового використання на мотоциклах, мотоколясках і моторолерах. Розмір – 220×174 мм, фон – червоний, символи – білі.

7.1 Номерні знаки, що виготовляються за індивідуальним замовленням для автотранспорту. В багатьох країнах на пластини наносять малюнки. Ситуація з малюнками на індивідуальних номерних знаках в Україні – унікальна: малюнок обирає власник транспортного засобу на власний розсуд. Наприклад в США існує процедура реєстрації ініціативної групи на кожен окремий малюнок, що стає доступним усім охочим, тож не є унікальним.

7.2 Номерні знаки, що виготовляються за індивідуальним замовленням для мотоциклів. Розмір – 220×174 мм, фон – білий, символи – чорні.

7.3 Номерні знаки особливої форми для автомобілів американського або японського виробництва. Розміри (від 220 до 400мм) x (від 110 до 320мм), фон – білий, символи – чорні.

7.4 Номерні знаки особливої форми, що виготовляються за індивідуальним замовленням для автомобілів американського або японського виробництва. Розміри (від 220 до 400мм)×(від 110 до 320мм), фон – білий, символи – чорні.

8 Номерні знаки для тракторів (самохідних машин) та причепів до них, що використовуються в сільському господарстві. Видаються Держтехнаглядом Мінагрополітики. Розмір – 288×226 мм, нижній край – 140 мм, фон – білий, символи – чорні. Номерні знаки цього типу мають незмінний вигляд з 1995 року.

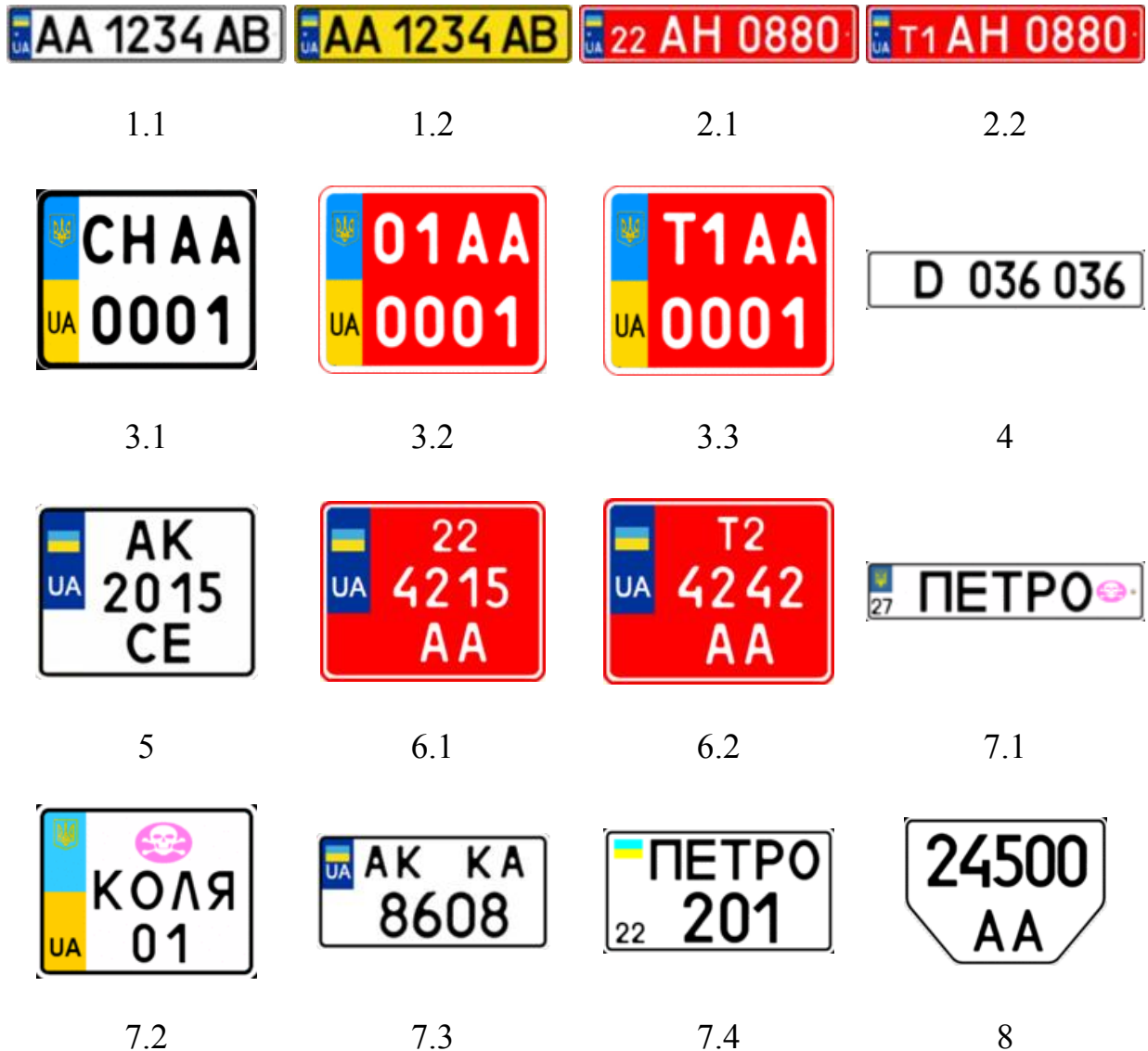


Рисунок А.1 – Типи сучасних номерних знаків

Серії для регіонів (з 2004).

З 2004 року коди регіонів було розподілено, виключно, з використанням літер, що збігаються в латинській і в українській абетках, починаючи з Києва: АА, АВ, АС тощо, в інтервалах АА - АХ, ВА - ВО, ВТ - ВХ, СА - СВ, СЕ - СН. Окремим кодом, що не входив до жодного інтервалу стала серія ІІ. З 2006 року серія ІІ була виключена і підлягала вилученню. У 2013 році прийнято зміни до ДСТУ 4278:2004, згідно з якими список кодів регіонів доповнено серіями в інтервалах НА - НХ, ІА - ІН, КА - КХ, за виключенням серій НР та ІС, які не мали аналогів в кодуванні зразка 2004 року.

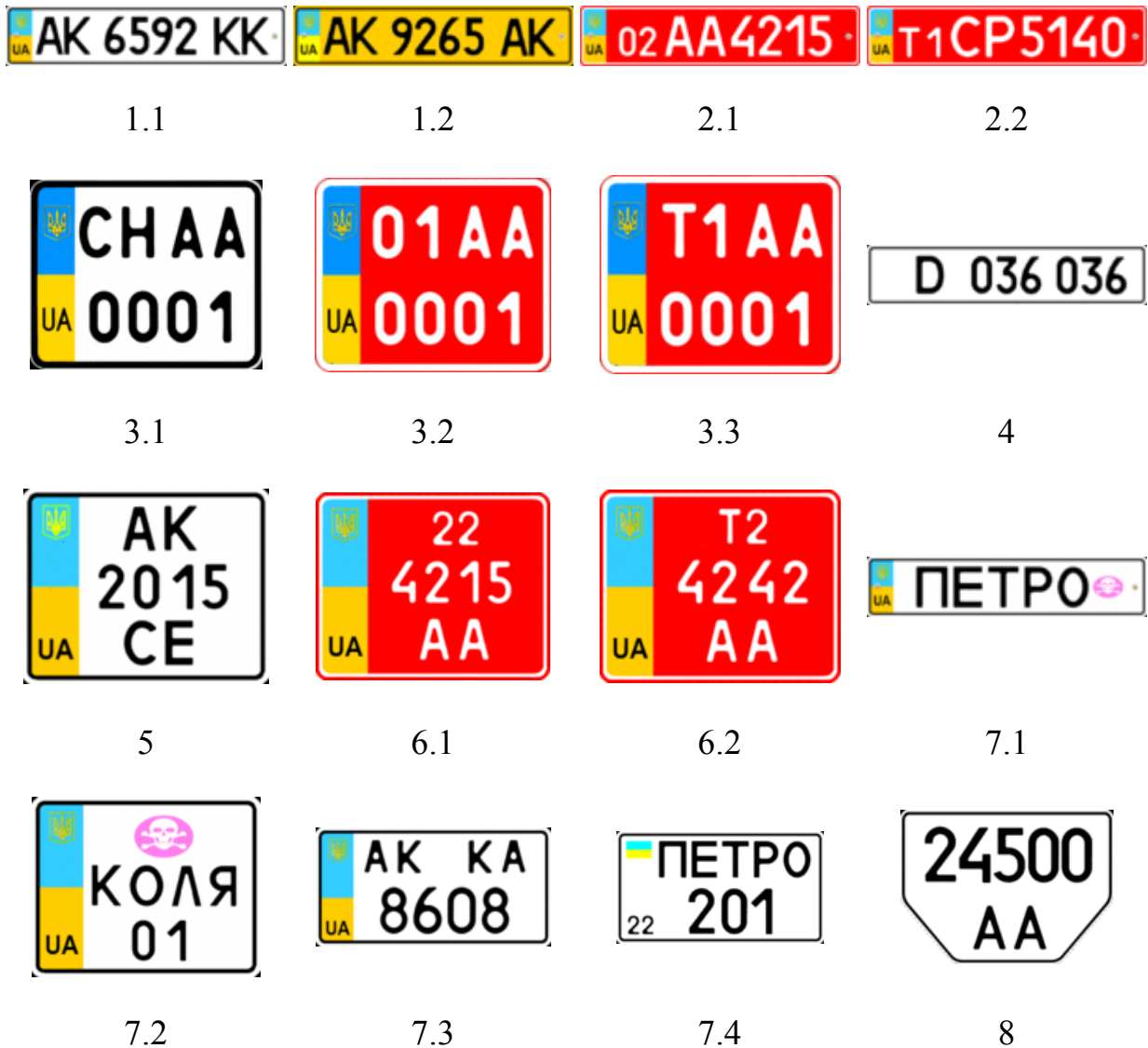


Рисунок А.2 – Типи номерних знаків від 2004 р.

Сполучення літер на номерних знаках.

Права комбінація літер (типи 1 та 2) має видаватися в порядку латинської абетки (з використанням лише літер, що збігаються в латинській та кириличній абетках): з початку абетки – для автомобілів (AA, AB, AC і т. д.), з кінця – для причепів та напівпричепів (XX, XT, XP і т. д.). В багатьох регіонах видавалися позачергові серії, які згодом було вилучено і розповсюджено серед пільгових категорій населення. Виключенням є серії на кшталт 0001 або 1111, що викупуються приватними особами за окрему платню (7500-20000 грн.). Власник може обрати будь-яку серію в своєму регіоні.

Таблиця А.1 – Кодування номерних знаків ТЗ після 2004 р.

Регіон	Код 2004	Код 2013
АР Крим	АК	КК
місто Київ	АА	КА
Вінницька область	АВ	КВ
Волинська область	АС	КС
Дніпропетровська область	АЕ	КЕ
Донецька область	АН	КН
Київська область	АІ	КІ
Житомирська область	АМ	КМ
Закарпатська область	АО	КО
Запорізька область	АР	КР
Івано-Франківська область	АТ	КТ
Харківська область	АХ	КХ
Кіровоградська область	ВА	НА
Луганська область	ВВ	НВ
Львівська область	ВС	НС
Миколаївська область	ВЕ	НЕ
Одеська область	ВН	НН
Полтавська область	ВІ	НІ
Рівненська область	ВК	НК
Сумська область	ВМ	НМ
Тернопільська область	ВО	НО
Херсонська область	ВТ	НТ
Хмельницька область	ВХ	НХ
Черкаська область	СА	ІА
Чернігівська область	СВ	ІВ
Чернівецька область	СЕ	ІЕ
місто Севастополь	СН	ІН
Загальнодержавна серія	ІІ	

З 1995 року до 2004 року видавалися номерні знаки з п'ятьма цифрами і двома літерами. Регіони отримали цифрові коди та визначені комбінації літер. В більшості регіонів всі комбінації літер починалися з однієї літери. Виключеннями стали: Київ (серії ОО, ІІ), Дніпропетровська область (серія СМ),

АР Крим (серія РК). Цікавим і єдиним в своєму роді є той факт, що серію КТ, розподілену для АР Крим, при вичерпанні Києвом своїх комбінацій, було передано столиці. Згодом до 27 існуючих додався один «віртуальний» загальнодержавний регіон 28 (серія НН), що 2004 року трансформувалася в серію П.

Таблиця А.2 – Кодування номерних знаків ТЗ до 2004 р.

Код	Регіон	Серії
01	Автономна Республіка Крим	КР КО РК
02	Вінницька область	ВІ ВТ ВХ
03	Волинська область	ВО ВК ВМ
04	Дніпропетровська область	АА АВ АЕ АН АК АІ СМ
05	Донецька область	ЕА ЕВ ЕК ЕН ЕО ЕС ЕЕ
06	Житомирська область	ВА ВВ ВЕ ОІ
07	Закарпатська область	РЕ РТ РР
08	Запорізька область	НА НЕ НС НО НР НВ
09	Івано-Франківська область	ІВ ІС ІЕ
10	Київська область	КК КМ КХ
11	місто Київ	КА КВ КЕ КІ КН КТ П ОО
12	Кіровоградська область	ОН Ом ОС
13	Луганська область	АМ АР АО АТ АХ АС ІА
14	Львівська область	ТА ТВ ТС ТН ТТ ТО
15	Миколаївська область	НІ НК НТ
16	Одеська область	ОА ОВ ОЕ ОК ОТ
17	Полтавська область	СК СН СС
18	Рівненська область	РА РВ РО
19	Сумська область	СА СВ СЕ
20	Тернопільська область	ТІ ТЕ ТК
21	Харківська область	ХА ХК ХВ ХР
22	Херсонська область	ХО ХН

Таблиця А.2 – Продовження

23	Хмельницька область	ХМ ХІ
24	Черкаська область	МА МВ МЕ МТ
25	Чернігівська область	ММ МН МК
26	Чернівецька область	МО МР МС
27	місто Севастополь	КС
28	загальнодержавна серія	НН ХХ

Номерні знаки Держгірпромнагляду.

12.1 Номерні знаки для великотоннажного та технологічного транспорту (Видаються Держгірпромнаглядом). Розмір – 288×226 мм, фон – білий, символи – чорні. Серії аналогічні автомобільним, за винятком невикористання серій АА та СН, які об'єднані з АІ та АК відповідно.

12.2 Номерні знаки для тимчасового використання на великотонажному та технологічному транспорті (Видаються Держгірпромнаглядом). Розмір – 140×114 мм, фон – червоний, символи – білі. ТР – обов'язкова позначка, АА – код регіону.



12.1



12.2

Рисунок А.3 – Типи номерних знаків Держгірпромнагляду

Після зміни дизайну пластин в 2010 році і введення типу 12.1, номерні знаки старого зразка більше не видаються, але у вжитку їх залишається багато.

Характерним для цього типу номерних знаків є використання регіональних комбінацій з українських літер. Міста Київ і Севастополь не мають власних серій, користуючись серіями Київської області і АР Крим відповідно.

Військові номерні знаки.

9. Номерні знаки для автомобілів і причепів до них та тракторів (самохідних машин), що належать ЗСУ (збройним силам України), ДССТ (Державній спеціальній службі транспорту), ДПСУ (Державній прикордонній службі України), ДСНС (Державній службі України з надзвичайних ситуацій), ВВ МВС (внутрішнім військам Міністерства внутрішніх справ), ТСОУ (Товариству сприяння обороні України), Національній гвардії України. Розмір – 520×112 мм, фон – чорний, символи – білі. Номерні знаки цього типу мають незмінний вигляд з 1995 року.

9.1. Номерні знаки для добровольчих батальйонів та волонтерських організацій, що допомагають військовим.

10. Номерні знаки для мотоциклів і причепів до тракторів (самохідних машин), що належать ЗСУ, ДССТ, ДПСУ, ДСНС, ВВ МВС, ТСОУ, Національній гвардії. Розмір – 220×174 мм, фон – чорний, символи – білі. Номерні знаки цього типу мають незмінний вигляд з 1995 року.



9



9.1



10

Рисунок А.4 – Типи військових номерних знаків

ЗСУ використовують літери А, В, Е, К, Н, Р, С, Т для автотранспорту, І, М, О, Х – для причепів.

Державна спеціальна служба транспорту використовує комбінацію Г2. Національна гвардія до 2000 року користувалася сполученням Г1.

Державна прикордонна служба використовує літеру Ю, остання цифра означає регіональну приналежність:

Ю1 – центральний апарат Державної прикордонної служби (Київ);

Ю2 – Західне регіональне управління (Львів);

Ю3 – Північне регіональне управління (Житомир) ;

Ю4 – Східне регіональне управління (Харків) ;

Ю5 – Південне регіональне управління (Одеса) ;

Ю6 – Азово-Чорноморське регіональне управління (Херсон).

ТСОУ використовує комбінацію Я1.

Національна гвардія України використовують літеру Ф (Ф4 – для автотранспорту, Ф5 – для причепів).

ДСНС використовує літеру Ч (Ч1, Ч2 – управління і протипожежні підрозділи, Ч3 – гірничо-рятувальні підрозділи).

Таблиця А.3 – Інші варіанти.

Пластина	Призначення
	Задній номерний знак (1992=2004 рр.) Не видається і підлягає заміні.
	Номерний знак для причепів (1995=2004 рр.) Не видається і підлягає заміні.
	Номерний знак посадових осіб МВС (2007 р.) Кількість зірочок на прапорці залежить від рангу посадової особи.
	Передній номерний знак (1992=1995 рр.). Не видається і підлягає заміні.
	Задній номерний знак (1992=1995 рр.). Не видається і підлягає заміні.

Міністерство внутрішніх справ.

11 – Номерні знаки МВС України. 520×112 мм, фон – блакитний, символи – білі.



До 2015



З 2015

Рисунок А.5 – Типи номерних знаків Міністерства
внутрішніх справ України

Окремі номерні знаки транспортних засобів мають посадові особи вищих рангів, депутати України, адміністрація Президента, тощо (табл. А.4).






























Таблиця А.4 – Номерні знаки посадових осіб

Пластина	Призначення
	Номерний знак для ТЗ вищих посадових осіб (до 2005 р.). Від 2-х до 4-х цифр.
	Номерний знак для ТЗ вищих посадових осіб (з 2005 р.). Попередньо задекларована кількість — 130од.
	Додатковий номерний знак для ТЗ вищих посадових осіб (з 2006 р.).
	Номерний знак для посадових осіб: 0-000ВР (народні депутати України), 1-000АП (Адміністрація Президента), 2-000ВР (автобаза Верховної Ради України), 3-000КМ (Кабінет Міністрів).

Додаток Б
(довідковий)

Номерні знаки країн світу

Таблиця Б.1 – Номерні знаки країн світу

Територія	Код	Автомобілі	Мотоцикли
 Абхазія	ABH		
 Австрія	A		
 Азербайджан	AZ		
 Аландські острова	AX		
 Албанія	AL		
 Андорра	AND		
 Арменія	AM		
 Білорусія	BY		
 Бельгія	B		
 Болгарія	BG		

Продовження таблиці Б.1

 Боснія і Герцеговина	BIH		
 Ватикан	V		
 Великобританія	GB		
 Угорщина	H		
 Німеччина	D		
 Гернси	GBG		
 Гібралтар	GBZ		
 Греція	GR		
 Грузія	GE		
 Данія	DK		






























Продовження таблиці Б.1

 Джерсі	GBJ		
 Ірландія	IRL		
 Ісландія	IS		
 Іспанія	E		
 Італія	I		
 Казахстан	KZ		
 Кіпр	CY		
 Республіка Косово	RKS		
 Латвія	LV		
 Литва	LT		
 Ліхтенштейн	FL		

Продовження таблиці Б.1

 Люксембург	L		
 Північна Македонія	MK		
 Мальта	M		
 Мальтійський орден	SMOM		
 Молдавія	MD		
 Монако	MC		
 Острів Мен	GBM		
 Нідерланди	NL		
 Норвегія	N		
 Польща	PL		
 Португалія	P		

Продовження таблиці Б.1

 Придністров'я	PMR		
 Росія	RUS		
 Румунія	RO		
 Сан-Маріно	RSM		
 Північний Кіпр	CY		
 Сербія	SRB		
 Словачія	SK		
 Словенія	SLO		
 Турція	TR		
 Україна	UA		

Закінчення таблиці Б.1

 Фарерські острова	FO		
 Фінляндія	FIN		
 Франція	F		
 Хорватія	HR		
 Черногорія	MNE		
 Чехія	CZ		
 Швейцарія	CH		
 Швеція	S		
 Естонія	EST		
 Південна Осетія	RSO		

Хмельницький національний університет

Кафедра телекомунікацій, недійних та інтелектуальних технологій

Бродюк Михайло Сергійович

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ВИЯВЛЕННЯ
ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ В СИСТЕМАХ
ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ**

Науковий керівник – к.т.н., доцент, Стецюк В. І.

Хмельницький, 2020 р.

ДОДАТОК В
(обов'язковий)
СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

МЕТА: підвищення ефективності розпізнавання та ідентифікації об'єктів в системах відеоспостереження.

НАУКОВІ ЗАДАЧІ:

- 1) провести огляд існуючих систем відеоспостереження та здійснити їх детальний аналіз;
- 2) сформуванати математичний апарат для аналізу та ідентифікації зображень;
- 3) розробити алгоритм детектування номерних знаків транспортних засобів;
- 4) запропонувати структурну схему сучасної системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів.

ОБ'ЄКТОМ ДОСЛІДЖЕНЬ є процеси прийому, аналізу та ідентифікації зображень.

ПРЕДМЕТОМ ДОСЛІДЖЕНЬ є системи відеоспостереження.

НАУКОВА НОВИЗНА ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.

Вдосконалено математичну модель детектування та ідентифікації номерних знаків транспортних засобів.

Запропоновано метод сегментації цифро-буквеного коду із врахуванням інформаційного змісту аналізованого зображення.

Удосконалено механізм бінаризації зображень, адаптувавши його під задачу розпізнавання номерних знаків транспортних засобів.

Розроблений оригінальний алгоритм детектування номерних знаків транспортних засобів, який дозволяє здійснювати їх ідентифікацію з високою точністю.

Розроблений власна структурна схема системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.

Отримані результати можуть бути *застосовані* у системах відео-спостереження та ідентифікації номерних знаків транспортних засобів як прикладного характеру так і глобальних систем в межах певного регіону або країни в цілому.

ВИДИ І КЛАСИФІКАЦІЯ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ



Рисунок 3.1 – Детальні розміри номерного знаку 1.1 для всіх типів автомобілів



Рисунок 3.2 – Графічне представлення кодування номерних знаків транспортних засобів: а) України; б) Євросоюзу

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В рамках процесу детектування, одним із методів є порівняння за шаблоном, та знаходження ступеню кореляції виділеної області зображення і шаблону за допомогою перехресної кореляції, яка основана на обчисленні квадрата евклідової відстані між шаблоном і зображенням:

$$d^2(u, v) = \sum_x \sum_y [I(x, y) - T(x - u, y - v)]^2$$

$$= \sum_x \sum_y [I^2(x, y) - 2I(x, y)T(x - u, y - v) + T^2(x - u, y - v)]$$
(4.1)

де $I(x, y)$ – інтенсивність зображення в точці (x, y) ;
 $T(u, v)$ – побудований шаблон.

Ступінь відповідності зображення і шаблону визначається величиною (перехресна кореляція):

$$c(u, v) = \sum_x \sum_y I(x, y)T(x - u, y - v)$$
(4.2)

Або нормована перехресна кореляція:

$$\gamma(u, v) = \frac{\sum_x \sum_y [I(x, y) - \bar{I}_{u,v}] [T(x - u, y - v) - \bar{T}]}{\sqrt{\sum_x \sum_y [I(x, y) - \bar{I}_{u,v}]^2 \sum_x \sum_y [T(x - u, y - v) - \bar{T}]^2}}$$
(4.3)

Наступним кроком є обчислення проєкцій зображення на горизонтальну і вертикальну осі:

$$p_y \left(y = \sum_{i=0}^{w-1} I(i, y) \right)$$
(4.4)

$$p_x(x) = \sum_{j=0}^{h-1} I(x, j)$$
(4.5)

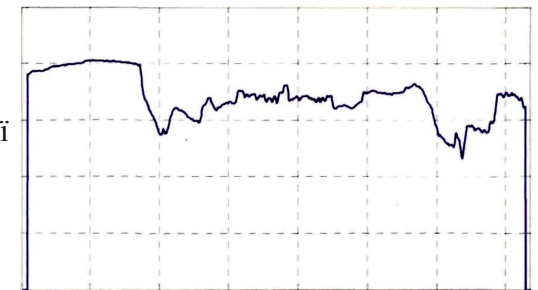
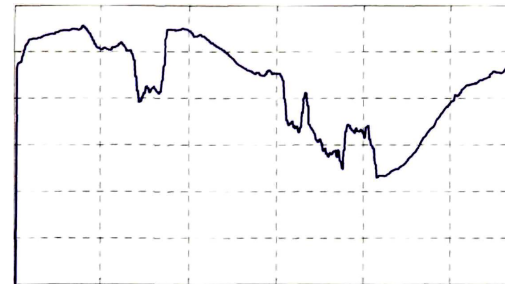


Рисунок 4.1 - Зображення і його проєкції
на горизонтальну та вертикальну осі
відповідно

Другою і надзвичайно важливою процедурою ідентифікації є сегментація символів номерного знаку. Для цього найбільш часто використовується побудова горизонтальної проєкції попередньо бінаризованого зображення, як показано на рис. 2.2.

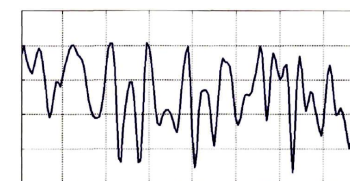


Рисунок 4.2 – Сегментація номерного знаку
методом проєкцій

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІДЕНТИФІКАЦІІ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

БІНАРИЗАЦІЯ

СЕГМЕНТАЦІЯ ТЕКСТОВИХ СИМВОЛІВ

1. Обчислення енергетичної функції для кожного пікселя зображення:

$$e(I) = a \times \left| \frac{\partial I}{\partial x} \right| + b \times \left| \frac{\partial I}{\partial y} \right| \quad (4.6)$$

2. Щоб запобігти псуванню зображення, потрібно дотримання умови зв'язків між пікселями, за якими буде проводитися поділ на сегменти.

3. Фактично на модифікованому зображенні тепер присутні лінії, уздовж яких зміна енергії в межах певних зв'язків сукупності пікселів мінімальна. Маючи вартісну функцію $e(I)$, обчислюємо вартість всіх таких шляхів:

$$E(s) = E(I_s) = \sum_{i=1}^n e(I(s_i)) \quad (4.7)$$

Вибираються шляхи з мінімальною вартістю, які будуть лініями розділу між символами:

$$s^* = \min_s E(s) = \min_s \sum_{i=1}^n e(I(s_i)) \quad (4.8)$$



Рисунок 4.3 – Сформовані лінії шва між символами

Бінаризацією – перетворення початкового зображення в зображення, яскравість пікселів якого може приймати тільки два значення – чорний і білий або 0 і 1. Існують різні методи бінаризації: Бернсена, Ейквеля, Ніблека, Яновиця і Брукштейна, Бредлі та Отсу. Візьмемо за основу метод Отсу (*Otsu Nobuyuki*), здійснивши його модифікацію та адаптувавши його під задачу розпізнавання номерних знаків транспортних засобів.

Позначимо через σ_w^2 зважену суму дисперсій всередині кожної групи. Через $\sigma_1^2(t)$ позначимо дисперсію першої групи, що складається зі значень, менших або рівних t та, відповідно, $\sigma_2^2(t)$ – дисперсією другої групи, яка складається зі значень, більших за t . Позначимо через $q_1(t)$ сумарну ймовірність першої групи і через $q_2(t)$ – сумарну ймовірність другої групи. Середні значення першої і другої груп позначимо $\mu_1(t)$ і $\mu_2(t)$. Тоді загальна дисперсія σ_w^2 визначається виразом (4.9). Оптимальне значення порогу t можна визначити простим перебором всіх можливих значень t для пошуку такого його значення, яке мінімізує $\sigma_w^2(t)$. Зв'язок між цими двома видами дисперсій дозволяє скоротити обчислювальні витрати на визначення найкращого порогу.

$$\sigma_w^2(t) = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t) \quad (4.9)$$

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t)]^2 P(i) / q_1(t) \quad (4.10)$$

$$\sigma_2^2(t) = \sum_{i=t+1}^I [i - \mu_2(t)]^2 P(i) / q_2(t) \quad (4.11)$$

Повна дисперсія дорівнює:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^I (i - \mu)^2 P(i), \quad (4.12)$$

$$\text{де } \mu = \sum_{i=1}^I iP(i).$$

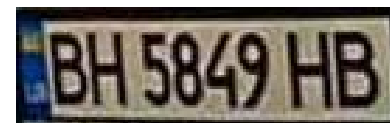


Рисунок 4.4 – Порогова бінаризація

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

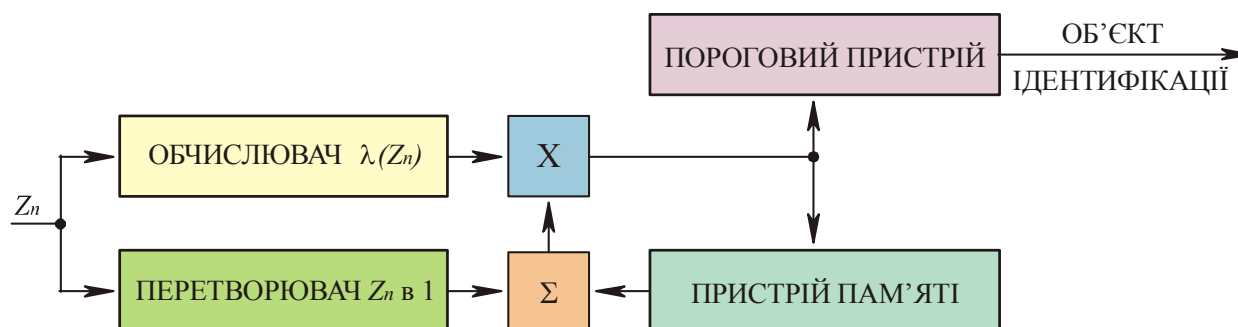


Рисунок 5.1 – Пристрій швидкого виявлення об'єкта ідентифікації

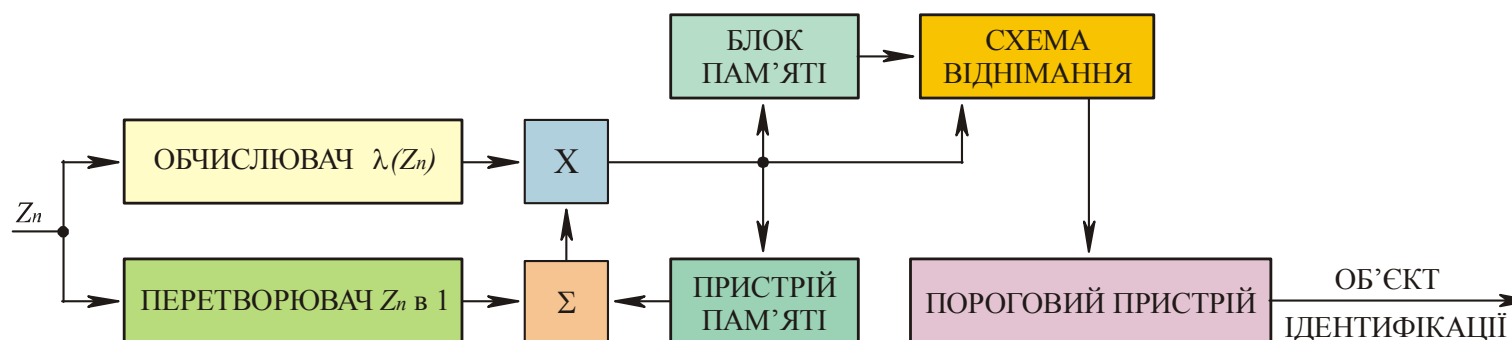


Рисунок 5.2 – Пристрій швидкого виявлення при обмеженому часі перебування об'єкта ідентифікації в зоні спостереження

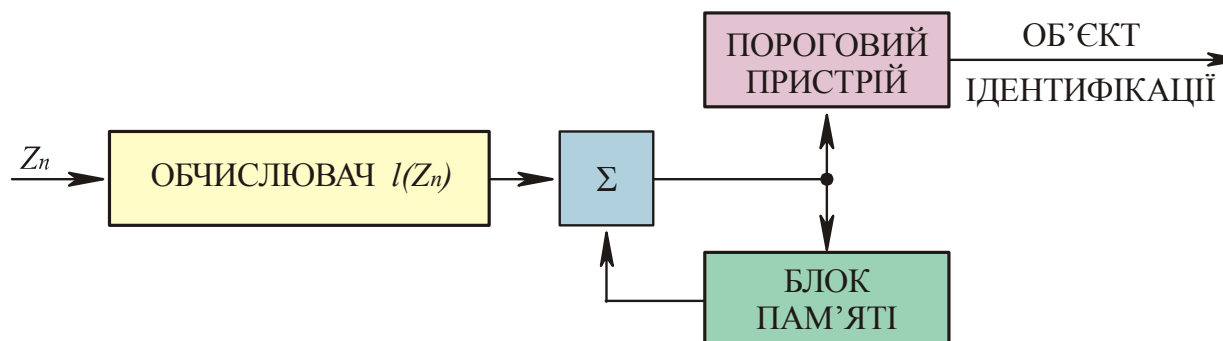


Рисунок 5.3 – Пристрій швидкого виявлення об'єкта ідентифікації методом виродженого послідовного аналізу

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

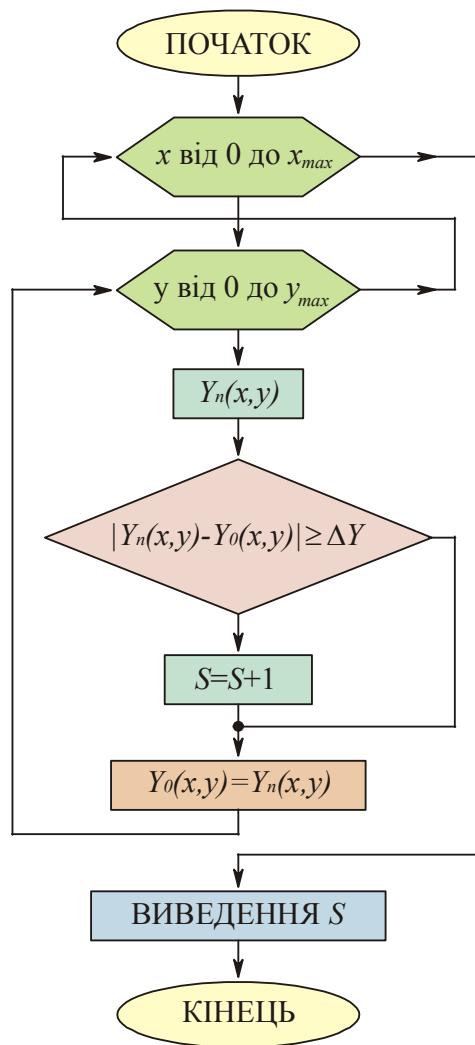


Рисунок 5.4 – Блок-схема алгоритму детекції руху

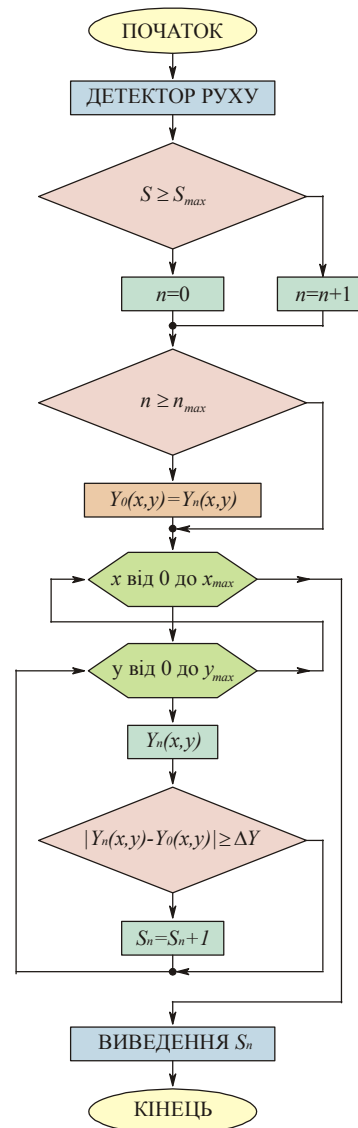


Рисунок 5.5 – Блок-схема алгоритму детекції присутності

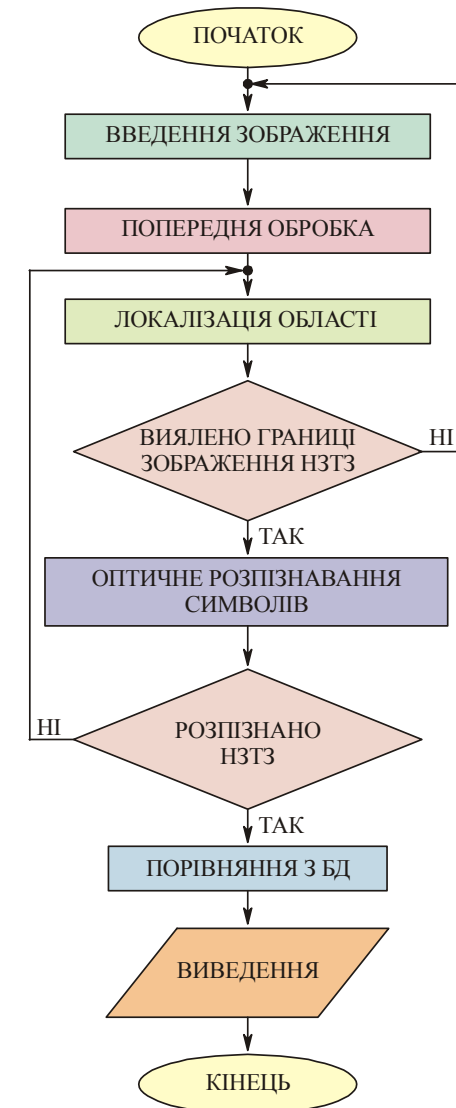


Рисунок 5.6 – Блок-схема автоматичного розпізнавання номерних знаків: НЗТЗ – номерні знаки транспортного засобу; БД – база даних

ДЕТЕКТОР КЕННІ



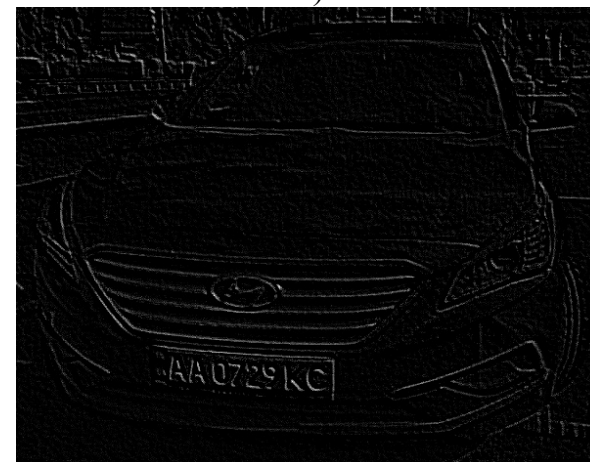
а)



б)



в)



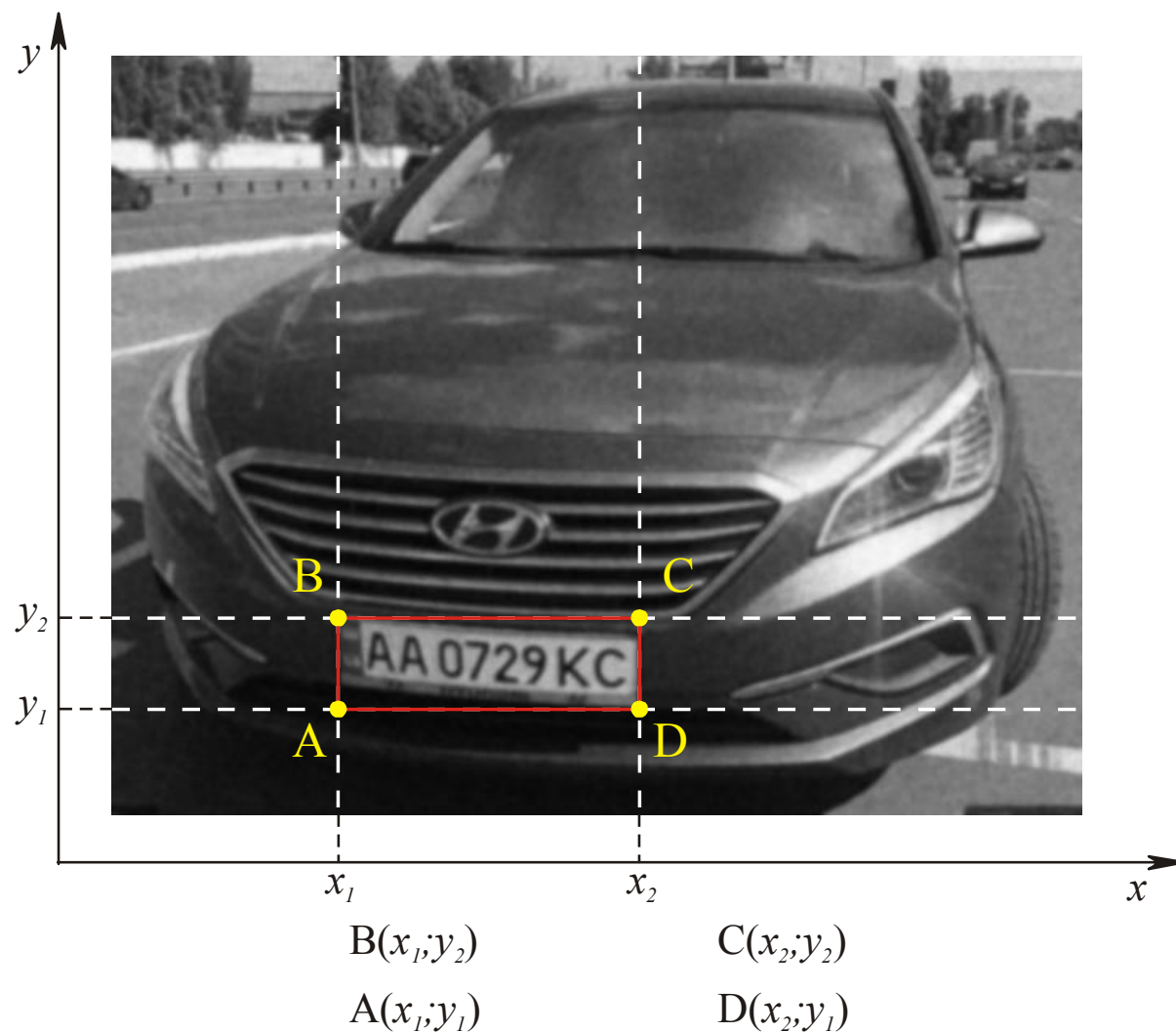
г)

Рисунок 3.10 – Захоплене зображення та процедура обробки. Аркуш 2:

а) оригінальне зображення з явно вираженою пікселізацією;

б), в) просторова фільтрація Гауса; г) виділення країв за допомогою детектора Кенні

ПЕРЕТВОРЕННЯ ХАФА (HOUGH)

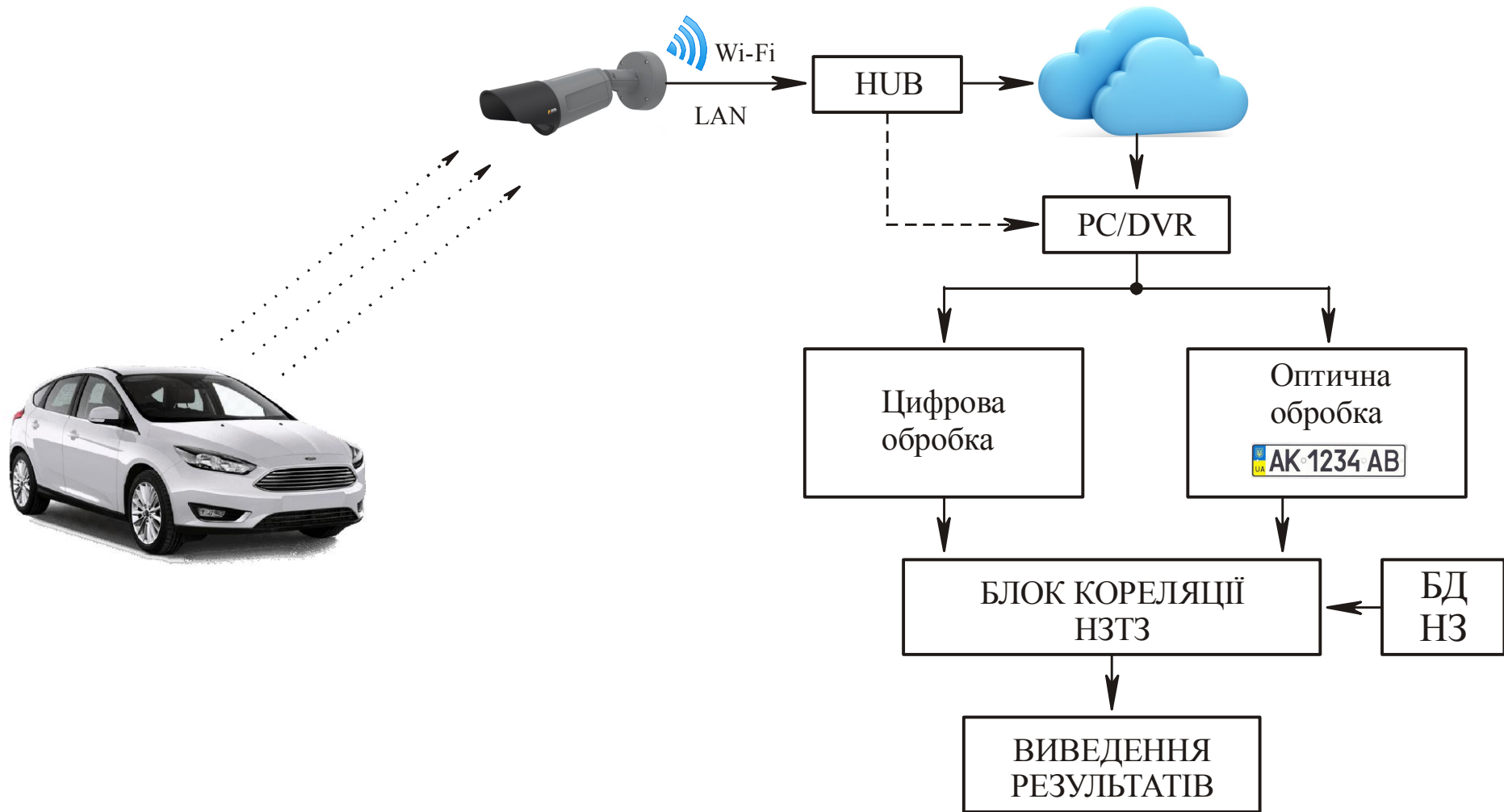


Дане перетворення застосовується для параметричної ідентифікації геометричних елементів растрового зображення і являється потужним глобальним методом виявлення прямих ліній та простих геометричних фігурах – горизонтальних і/або вертикальних країв. Після виявлення границь зображення, що відповідає місцю розташування номерного знаку відбувається виділення та розпізнавання символів:

AA 0729 KC

Рисунок 3.11 – Виявлення границь номерного знаку транспортного засобу

СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ



ВИСНОВКИ

1. В роботі здійснено огляд та проведено аналіз найбільш популярних систем розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Основними недоліками існуючих систем є мала відстань ідентифікації, неможливість розпізнавання непрямокутних форм номерних знаків та робота з великим рівнем завад. Доведено актуальність даної проблеми та необхідність в системному науково-технічному підході у вирішенні поставлених задач.

2. Розроблено математичний апарат ідентифікації номерних знаків транспортних засобів, який містить наступні елементи детектування: порівняння за шаблоном, застосування морфологічних операторів, дилатацію, обчислення проєкцій зображення та бінаризацію. В процесі порівняння за шаблоном визначається спосіб знаходження ступеню кореляції виділеної області зображення і шаблону методом перехресної кореляції, яка основана на обчисленні квадрата евклідової відстані між шаблоном і зображенням та формуванням функції нормованої перехресної кореляції. До переваг методу порівняння з шаблоном відносяться простота обчислення міри схожості, крім якої не потрібно знаходження будь-яких інших величин. Недоліками даного методу є великий об'єм необхідних обчислень та неінваріантність до обертання, масштабування і перспективних спотворень. Застосування морфологічних операторів базується на понятті максимуму і мінімуму функції та дозволяє визначати границі прямокутної області, в якій містяться символи номерного знаку. Недоліком морфологічних методів детектування є необхідність в інформації про реальні розміри номерного знаку, однак ця інформація відома достовірно. Операція обчислення проєкцій зображення, основана на різній інтенсивності цифро-буквеного коду і загального фону номерного знаку та містить визначення границь номерного знаку шляхом аналізу горизонтальних і вертикальних проєкцій. Метод проєкцій є досить простим в реалізації і має високу швидкодію. Однак також має недолік – не дозволяє ідентифікувати області кількох номерних знаків.

3. Розроблено метод сегментації цифро-буквеного коду із врахуванням інформаційного змісту аналізованого зображення. В основу алгоритму покладено використання енергетичної та вартісної функцій, а так же правило автоматичного формування лінії поділу між символами.

4. Удосконалено механізм бінаризації зображень, адаптувавши його під задачу розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Модифікація алгоритму полягає у врахуванні областей локальної бінаризації шляхом підрахунку порогу для кожного пікселя окремо на основі інформації про інтенсивність пікселів, що знаходяться в деякій його локальній околиці.

5. Розроблений багатоетапний алгоритм детектування номерних знаків транспортних засобів, який дозволяє здійснювати їх ідентифікацію з високою ймовірністю (99%), що вказує на його ефективність і конкурентоспроможність. Алгоритм включає просторову фільтрацію Гауса, виділення країв за допомогою детектора Кенні та перетворення Хафа. В результаті обробки зображень формуються границі номерного знаку, відбувається виділення області ідентифікації та розпізнавання символів. Кінцевим результатом є цифро-буквене позначення номерних знаків транспортних засобів.

6. На основі запропонованих алгоритмів розроблена структурна схема сучасної системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів, яка має гнучку конфігурацію і дозволяє працювати як з Інтернет мережею, так і за допомогою бездротових технологій Wi-Fi.

CERTIFICATE

OF PUBLICATION

THIS CERTIFICATE IS AWARDED TO

Бродюк М. С.

For active participation
in the international scientific-practical conference:

«ACADEMIC RESEARCH IN MULTIDISCIPLINARY
INNOVATION»

Organizing committee




Ekaterina Zvereva

24 Hours of Participation
(0,8 ECTS credits)



INTERNATIONAL
SCIENCE GROUP

NOV 30 – DEC 03, 2020
AMSTERDAM, NETHERLANDS

International Science Group

ISG-KONF.COM

**ACADEMIC RESEARCH IN
MULTIDISCIPLINARY
INNOVATION**

XI

**SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE**

**NOVEMBER 30 —
DECEMBER 03**

Amsterdam, Netherlands

DOI 10.46299/ISG.2020.II.XI

ISBN 978-1-63649-925-3

ACADEMIC RESEARCH IN MULTIDISCIPLINARY INNOVATION

Abstracts of XI International Scientific and Practical Conference

Amsterdam, Netherlands
November 30 – December 03
2020

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

UDC 01.1

The XI th International scientific and practical conference «Academic research in multidisciplinary innovation» November 30 – December 03, 2020 Amsterdam, Netherlands . 456 p.

ISBN - 978-1-63649-925-3

DOI - 10.46299/ISG.2020.II.XI

EDITORIAL BOARD

- | | |
|------------------------------|--|
| <u>Pluzhnik Elena</u> | Professor of the Department of Criminal Law and Criminology
Odessa State University of Internal Affairs Candidate of Law,
Associate Professor |
| <u>Liubchych Anna</u> | Scientific and Research Institute of Providing Legal Framework for
the Innovative Development National Academy of Law Sciences
of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, Scientific secretary of Institute |
| <u>Liudmyla Polyvana</u> | Department of Accounting and Auditing Kharkiv
National Technical University of Agriculture named after Petr
Vasilenko, Ukraine |
| <u>Mushenyk Iryna</u> | Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of
Mathematical Disciplines , Informatics and Modeling. <i>Podolsk
State Agrarian Technical University</i> |
| <u>Oleksandra Kovalevska</u> | Dnipropetrovsk State University of Internal Affairs
Dnipro, Ukraine |
| <u>Prudka Liudmyla</u> | Odessa State University of Internal Affairs, Associate Professor of
Criminology and Psychology Department. |
| <u>Slabkyi Hennadii</u> | Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Health
Sciences, Uzhhorod National University. |
| <u>Marchenko Dmytro</u> | Ph.D. in Machine Friction and Wear (Tribology), Associate
Professor of Department of Tractors and Agricultural Machines,
Maintenance and Servicing, Lecturer, Deputy dean on academic
affairs of Engineering and Energy Faculty of Mykolayiv National
Agrarian University (MNAU), Mykolayiv, Ukraine |
| <u>Harchenko Roman</u> | Candidate of Technical Sciences, specialty 05.22.20 - operation
and repair of vehicles. |

103.	Андрійчук І.П., Бойко Н.М. СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОЗИТИВНОГО ІМІДЖУ ФАХІВЦІВ ВИРОБНИЧОЇ СФЕРИ	408
104.	Пихтіна Г.Г., Шатна К.М., Святолуцький Д.А. ІНТЕРНЕТ-ЗАЛЕЖНІСТЬ У УЧАСНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГР	414
105.	Челомбитько С.В., Долга К. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПСИХОЕМОЦІЙНОЇ АДАПТАЦІЇ ДІТЕЙ МОЛОДШОГО ШКІЛЬНОГО ВІКУ ДО ЗМАГАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В ТХЕКВОНДО	419
TECHNICAL SCIENCES		
106.	Hrytsanchuk A., Tkachuk O. ANALYSIS OF HYDRATE NUCLEATION CONCEPTUAL PICTURE AT THE MOLECULAR LEVEL	422
107.	Kozulia T., Kozulia M., Sviridova A. ENTROPIC APPROACH IN SYSTEM RESEARCH OF DIFFERENT COMPLEXITY OBJECTS TO ASSESS THEIR CONDITION AND FUNCTIONALITY	425
108.	Крайнюк О.В., Буц Ю.В., Богатов О.І. ЦИФРОВІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ	430
109.	Мулеса О.Ю., Мельник О.О., Петюшка В.Р. РЕЗУЛЬТАТИ ПРОГНОЗУВАННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РИНКУ ПРАЦІ НА ОСНОВІ РЕТРОСПЕКТИВНИХ ДАНИХ	434
110.	Нестеренко О., Артеменко Д. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПНЕВМОСЕПАРАТОРА З ГРАВІТАЦІЙНИМ ЖИВИЛЬНИМ ПРИСТРОЄМ	437
111.	Рамш В.Ю., Потапенко М.В. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК	441
112.	Стецюк В. І., Бродюк М. С. АЛГОРИТМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	444

АЛГОРИТМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Стецюк В. І.

к.т.н., доцент

Бродюк М. С.

магістрант

Хмельницький національний університет

Організацію життя сучасного суспільства неможливо уявити без ефективної роботи різних видів транспортних засобів (приватні та вантажні автомобілі, маршрутні таксі, тролейбуси, автобуси, потяги, електротранспорт, тощо). Парк транспортних засобів постійно збільшується, що вимагає ефективної організації руху та обліку всіх транспортних одиниць. Так, в області регулювання автомобільного транспортного потоку, необхідно ідентифікувати тип транспортного засобу та його номерний знак. Специфіка керування залізничним транспортом вимагає ідентифікації номерів товарних вагонів (цистерн) для обліку, ведення баз даних (БД) та їх ефективного сотртування. Організація руху транспортних засобів в умовах поставленої задачі має здійснюватися автоматичними системами, де без швидкої (а іноді надшвидкої) ідентифікації не обійтися. Системи повинні здійснювати управління в реальному часі, будучи надійними та незалежними від зовнішніх заважаючих факторів (погодних умов, стану атмосфери, пори доби, тощо).

Для вирішення даної задачі можна застосовувати різноманітні методи, наприклад метод послідовного аналізу, при якому тривалість процесу ідентифікації не задається наперед, а визначається, виходячи з необхідної надійності прийнятих рішень. Ефективність роботи даного методу визначається ймовірностями правильної ідентифікації сигналу P_n і хибної – P_x та середньою тривалістю інтервалів спостереження при наявності корисного сигналу T_1 і при його відсутності T_0 .

Серед можливих методів виявлення особливий інтерес представляють оптимальні методи, що задовольняють деяким початковим вимогам критерію оптимальності [1]. Найбільш загальним оптимальним методом є реалізація мінімуму середнього ризику, проте в реальних умовах ймовірність правильної ідентифікації зазвичай невідома. У зв'язку з цим при практичній реалізації систем спостереження в якості критерію оптимальності прийнято використовувати критерій Неймана-Пірсона, що забезпечує максимальну ймовірність правильного визначення цілі P_n при фіксованій імовірності помилкового виявлення P_x . При цьому оптимальним процесом ідентифікації буде забезпечення мінімуму середніх значень інтервалів спостереження T_0 і T_1 при заданих ймовірностях P_n і P_x .

В даному контексті, певну цікавість представляють також алгоритми детекції руху, детекції присутності та детекції зупинки.

В алгоритмі детекції руху в якості еталонного вибирається зображення, яке безпосередньо передувало аналізованому. Результатом роботи даного алгоритму є величина S площі зображення об'єкта. Даний метод простий у реалізації, проте має істотні недоліки. При зміні положення об'єкта за час зміни зображень, критерій присутності матиме нульове значення в точках, відповідаючих як початковому положенню об'єкта, так і його поточному стану. На рис. 1, заштрихованими показані області зображення, в яких буде виявлено присутність об'єкта. Очевидно, що в такій ситуації величина площі об'єкта буде визначена помилково, причому похибка вимірювання буде залежати від частоти зміни зображення, його розмірів і швидкості пересування.



Рисунок 1. Помилки визначення площі об'єкта

У першому випадку (рис. 1, а), похибка буде незначною, тоді як у другому (рис. 1, б) величина площі об'єкта буде завишена вдвічі. Особливо ускладнене використання даного методу при аналізі відеозображення, що містить множинні рухомі об'єкти. В контексті нашої задачі це може бути потік автомобілів на перевантаженій автомагістралі (рис. 2) або сторонні предмети (наприклад гідрометеори, листя, гілки дерев) (рис. 3).

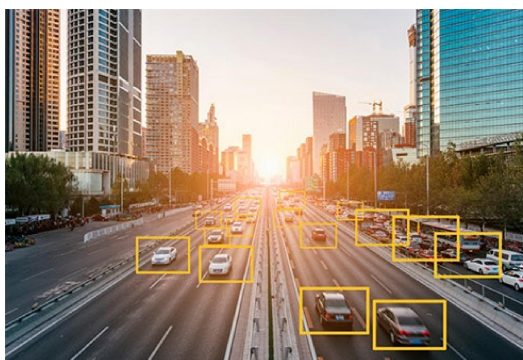


Рисунок 2. Множинне визначення номерних знаків ТЗ



Рисунок 3. Гідрометеори в якості множинних об'єктів ідентифікації

Алгоритм детекції присутності є розвитком попереднього і включає його в якості допоміжного. Вибір еталонного кадру здійснюється періодично через певний проміжок часу (наприклад, декілька секунд або десятків секунд). Це забезпечує адаптацію алгоритму до добового ходу освітленості. Однак момент оновлення необхідно затримати, якщо в кадрі буде виявлений сторонній об'єкт. Для цієї мети можливе застосування попереднього алгоритму. Оскільки виявлений сторонній об'єкт відсутній на еталонному зображенні, його характеристики будуть визначені досить точно.

Основним недоліком даного методу також є складність його використання на фоні розподілених перешкод, які можуть призвести до помилкової затримки оновлення еталонного кадру.

Алгоритм детекції зупинки – метод, оснований на вимірюванні часу присутності об'єкта. При виявленні ненульового значення критерію присутності в деякій точці, значення освітленості в даній точці, що передувало зміні, приймається в якості еталонного. Одночасно починається відлік проміжку часу. Обнулення лічильника часу здійснюється при поверненні критерію присутності до нульового значення або при перевищенні ним деякого контрольного значення. В останньому випадку приймається рішення про виявлення стороннього об'єкта. Вибір контрольного часу спрацьовування проводиться виходячи з міркувань про часові характеристики шуканих об'єктів. Так, наприклад, установка проміжку близько однієї секунди дозволяє істотно знизити ймовірність спрацьовування алгоритму при попаданні в поле зору сторонніх рухомих предметів (падаючого лістя, гідрометеорів) або короткочасних засвічень (спалахи блискавки, світло фар автомобілів).

На основі розглянутих розрізних алгоритмів ідентифікації запропонований метод автоматичного розпізнавання номерних знаків транспортних засобів (НЗТЗ), рис. 4. Основна робота запропонованої системи автоматичного розпізнавання полягає в наступному: в зоні руху автомобіля (поток автомобілів) встановлена камера, яка знімає зображення і передає в систему автоматичного розпізнавання та ідентифікації НЗТЗ. Номер, розпізнаний системою, порівнюється із базою даних, виводиться системою візуалізації і/або формується сигнал реакції відповідних виконавчих пристроїв.

Запропонована система автоматичного розпізнавання НЗТЗ зчитує вхідне зображення, зроблене камерою, і передає його в блок попередньої обробки. Основною операцією блоку попередньої обробки є усунення шуму, причому даний шум може мати двояке походження: бути спричиненим процедурою оцифрування зображення під час отримання та передачі і бути природними (зовнішніми), які присутні на зображенні. Блок попередньої обробки зображень намагається відновити зображення, які могли бути погіршені з деяких внутрішніх чи зовнішніх причин. Зображення, яке містить шум, можна представити наступним рівнянням:

$$g(x, y) = f(x, y) + n(x, y) \quad (1)$$

де $f(x, y)$ – оригінальне зображення, $n(x, y)$ – шум, який може бути викликаний будь-яким фактором, а $g(x, y)$ – результуючий шумний піксель зображення.

Для покращення структури зображення може застосовуватися гаусівське згладження – просторова фільтрація на основі функції Гауса, яка використовується в блоці попередньої обробки для видалення адаптивного шуму, присутнього на зображенні. Це дозволяє здійснити часткове розмивання та зменшення шуму на зображенні. Одно- та відповідно двовимірна функції Гауса, мають вигляд:

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

де x – відстань від початку координат в осі абсцис (горизонталь зображення),
 y – відстань від початку координат в осі ординат (вертикаль зображення), а σ –
стандартне відхилення розподілу Гауса.

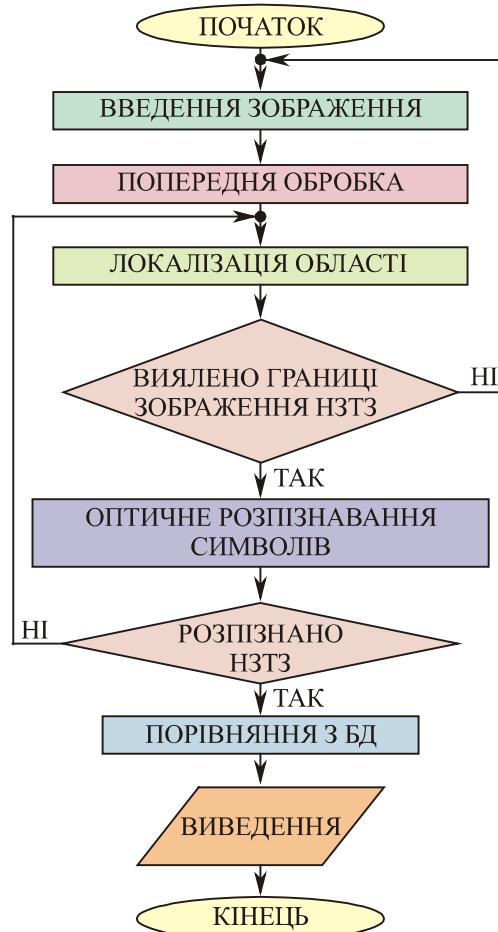


Рисунок 4. Блок-схема автоматичного розпізнавання номерних знаків
НЗТЗ – номерні знаки транспортного засобу; БД – база даних

При застосовуванні 2d методу фільтрації Гауса, отримується поверхня зображення з певними контурами. Значення з цього розподілу використовуються для створення матриці згортки. Для кожного нового значення пікселя визначається середнє зважене в околі пікселя. Значення поточного оригінального пікселя має більшу вагу (найвище значення розподілу Гауса), а сусідні пікселі отримують все меншу вагу в залежності від того наскільки далеко вони знаходяться від поточного оригінального пікселя. Це і спричиняє ефект розмитості, зберігаючи границі об'єкта ідентифікації краще, ніж інші, аналогічні фільтри. В даному процесі, швидкість обробки даних має першочергове значення, адже одночасно може відбуватися ідентифікація кількох десятків об'єктів (рис. 2, 3). Тому для скорочення часу обчислень можна скористатися

лінійно відокремленим розмиванням Гауса, розділивши цей процес на два етапи. У першій ітерації формується одновимірна матриця (тільки в горизонтальному напрямку) і здійснюється відповідне розмивання зображення. На другій ітерації формується одновимірна матриця вертикального напрямку з відповідним розмиванням. Отриманий результат відповідає результату з використанням двовимірних матриць, але вимагає меншої кількості обчислень.

Дискретизація, як правило, досягається шляхом відбору для фільтра гаусівських дискретних точок на відповідних позиціях кожного центрального пікселя. Це дозволяє зменшити обчислювальні витрати, але при дуже малих значеннях точки відбору гауссової функції невелика кількість зразків призводить до великої помилки. У цих випадках точність підтримується (при невеликій обчислювальній вартості) шляхом інтеграції гауссових функцій по площі кожного пікселя.

Далі відбувається локалізація інформативної області та ідентифікація країв за допомогою детектора Кенні – оператора виділення границь зображення, який задовільняє трьом критеріям [1]:

- якісне виявлення (підвищення відношення сигнал/шум);
- висока локалізація (вірне виявлення положення границі);
- єдиний відгук на одну границю.



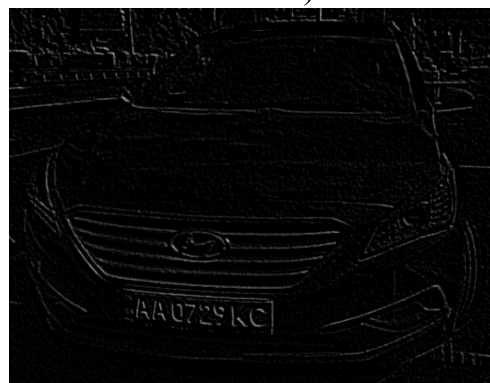
а)



б)



в)



г)

Рисунок 5. Захоплене зображення та процедура обробки: ідентифікація країв за допомогою детектора а) оригінальне зображення з явно вираженою пікселізацією; б), в) просторова фільтрація Гауса; г) виділення країв за допомогою детектора Кенні.

Процес характеризується пошуком градієнтів. Границі відмічають там, де градієнт набуває найбільшого значення. Вони можуть мати різні напрямки, тому алгоритм Кенні використовує чотири фільтри для визначення горизонтальних, вертикальних і діагональних ребер в розмитому зображенні.

Для задачі виділення країв області ідентифікації, окрім застосування алгоритму Кенні, також використовується перетворення Хафа (Hough). Дане перетворення застосовується для параметричної ідентифікації геометричних елементів растрового зображення і являється потужним глобальним методом виявлення прямих ліній та простих геометричних фігур – горизонтальних і/або вертикальних країв.

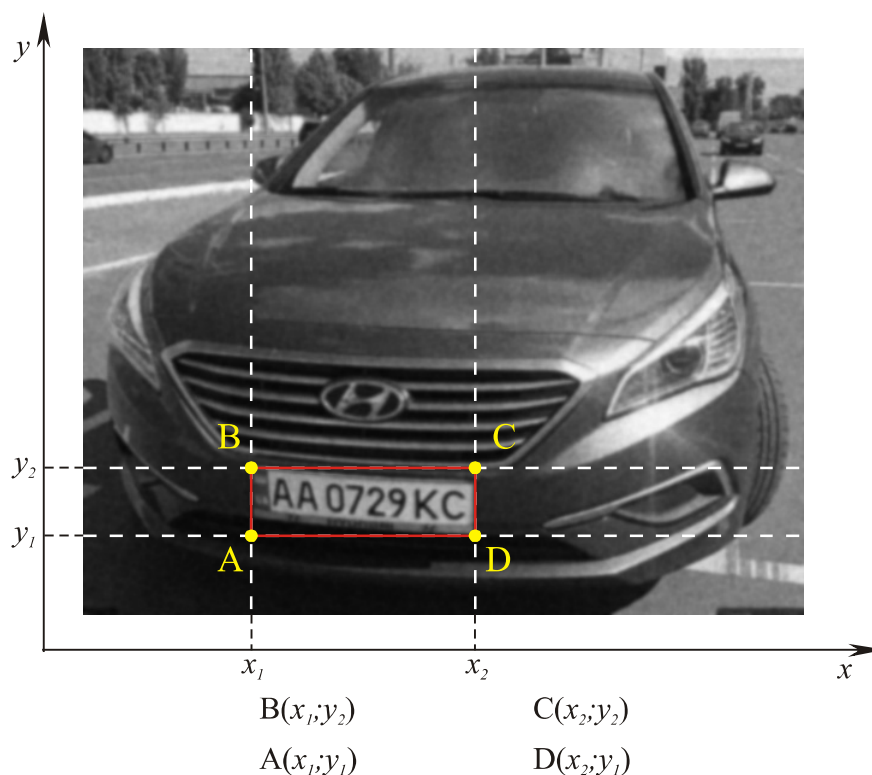


Рисунок 6. Виявлення границь номерного знаку транспортного засобу

Після виявлення границь зображення, що відповідає місцю розташування номерного знаку відбувається виділення та розпізнавання символів. Ідентифікований номер порівнюється із базою даних та виводиться на пристрій візуалізації. У системах обмеження доступу в результаті ідентифікації може формуватися відповідний сигнал керування виконавчими пристроями (ворота, шлагбауми, тощо).

Список літератури

1. Saqib Rasheed. Automated Number Plate Recognition Using Hough Lines and Template Matching / Saqib Rasheed, Asad Naeem, Omer Ishaq // Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science. Vol I WCECS 2012, October 24-26, 2012, San Francisco, USA.

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 1.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 6%

ID: 82170 Название: Математичне моделювання виявлення та ідентифікація об'єктів в системах відеоспостереження Добавлено в БД: 2020-12-02 Авторы: Бродюк Михайло Сергійович Руководители: Стецюк Віктор Іванович Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	62733	983	1840 (3%)	29 (3%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы



Ім'я користувача:
Kafedra TMIT KhNU

Дата перевірки:
07.12.2020 12:38:22 EET

Дата звіту:
07.12.2020 13:09:48 EET

ID перевірки:
1005386799

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005657

Назва документа: Бродюк_Трм-19-1

Кількість сторінок: 72 Кількість слів: 11636 Кількість символів: 88111 Розмір файлу: 2.51 MB ID файлу: 1005668968

542 слова позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

2.78% Схожість

Найбільша схожість: 0.69% з Інтернет-джерелом (<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D0%BC%D0%>)

2.2% Джерела з Інтернету

233

Сторінка 74

0.86% Джерела з Бібліотеки

8

Сторінка 75

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Не знайдено жодних посилань

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

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

Замінені символи

37

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу магістра групи ТРМ-19-1

Бродюка Михайла Сергійовича

Тема

«МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ В СИСТЕМАХ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ»

Робота присвячена підвищенню ефективності розпізнавання та ідентифікації об'єктів в системах відеоспостереження.

Актуальність теми обумовлена надзвичайно широкою популярністю подібних систем як в комерційних структурах так і у державі в цілому.

В магістерській роботі ставиться та виконується рад задач, серед яких:

- 1) провести огляд існуючих систем відеоспостереження та здійснити їх детальний аналіз;
- 2) сформулювати математичний апарат для аналізу та ідентифікації зображень;
- 3) розробити алгоритм детектування номерних знаків транспортних засобів;
- 4) запропонувати структурну схему сучасної системи ідентифікації номерних знаків транспортних засобів.

За змістом робота є докладною та містить достатньо посилань на літературу. Викладення матеріалу є послідовним та логічно правильним. Наведені у роботі формули, припущення та висновки мають достатнє обґрунтування та детальне пояснення. Мова викладення роботи є технічно грамотною, зрозумілою та не перенасиченою спеціальними термінами.

З точки зору оформлення магістерська робота представлена пояснювальною запискою, що складається зі вступу, чотирьох основних

розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Оформлення пояснювальної записки знаходиться на належному рівні.

Серед позитивних сторін магістерської роботи слід відмітити наступне:

- детально розроблений математичний апарат, який містить розділи, присвячені детектуванню та ідентифікації номерних знаків транспортних засобів;

- детально пропрацьовано питання порівняння за шаблоном, застосування морфологічних операторів, дилатації, обчислення проєкцій зображення та бінаризація;

- створено оригінальні алгоритми ідентифікації номерних знаків транспортних засобів.

До недоліків слід віднести дещо невпорядковане подання інформації.

Наприкінці необхідно відзначити, що дана робота Бродюка М. С. «математичне моделювання, виявлення та ідентифікація об'єктів в системах відеоспостереження» повністю відповідає вимогам до робіт магістерського освітнього рівня, заслуговує на оцінку “добре”, а її автор – на присвоєння кваліфікації магістра зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Рецензент



д.т.н., професор Мартинюк В. В.

“ 7 ” грудня 2020 р.

Завідувачу кафедри телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій (ТМІТ) Підченко С.К.
здобувача вищої освіти студента 2 курсу, гр. ТРМ-19-1
Бродюка Михайла Сергійовича

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений 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 варіантах. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

30.11.2020 р.



Бродюк М. С.

РІШЕННЯ КАФЕДРИ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, МЕДІЙНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: “математичне моделювання, виявлення та ідентифікація об’єктів в системах відеоспостереження”

Автор: Бродюк Михайло Сергійович

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма: Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: к. т. н., доц. Стецюк Віктор Іванович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не являються плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). 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 (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). 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.	
5	Інакше:	

Підтвердження: запозичення у розмірі 2,78%, виявлені в роботі відповідають тексту стандартних бланків, решта запозичень є випадковими і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.

5.12.2020 р.

Науковий керівник роботи



Стецюк В. І.

Зав. Каф. ТМІТ



Підченко С. К.