

Н. Г. Кучук¹, О. П. Міхаль², А. П. Шиман¹, М. В. Науменко²

¹ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

² Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

ДИНАМІЧНА ВІДЕОФІКСАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ У МЕГАПОЛІСІ

Анотація. На сьогодні для системи моніторингу дорожнього руху у мегаполісі необхідні компоненти проведення класифікації транспортних засобів, що можуть функціонувати у режимі реального часу. Однак дане завдання суттєво залежить від характеристик та можливостей програми динамічної відеофіксації транспортних засобів. Тому **метою даної статті** є розробка програми швидкої динамічної відеофіксації транспортних засобів, яка дозволить запустити в режимі реального часу компонент класифікації рухомих засобів системи моніторингу дорожнього руху у мегаполісі. **Предметом досліджень статті** є методи динамічної фіксації транспортних засобів. **Об'єктом дослідження** є процес дорожнього руху у мегаполісі. Для досягнення мети вирішені такі **завдання дослідження**: проведений аналіз технічного забезпечення, що використовується для фіксації об'єктів дорожнього руху, вибрані потрібні програмні засоби та розроблена відповідна програма у обраному середовищі. **Висновок.** Запропонований у статті програмний комплекс динамічної відеофіксації транспортних засобів при дорожньому русі у мегаполісі дозволить проводити їх ідентифікацію у режимі реального часу.

Ключові слова: дорожній рух, транспортний засіб, відеофіксація, мегаполіс.

Вступ

Проблеми транспортної системи безпосередньо пов'язані зі зростанням кількості транспортних засобів, що пересуваються сучасним мегаполісом. Система моніторингу дорожнього руху (СМДР) є ефективною альтернативою для зменшення заторів на дорогах. СМДР автоматично та безперервно контролює транспортні засоби, що рухаються. Датчики, встановлені на дорозі або поблизу неї, використовуються для запису, узагальнення, оцінки та візуалізації різноманітних параметрів транспортних засобів, інфраструктури та навколишнього середовища.

Залежно від сфери застосування візуалізація даних може здійснюватися на різних рівнях агрегації (від візуалізації всієї зібраної інформації в реальному часі до конкретних повідомлень і попереджень у разі відхилень та/або порушень, що стосуються безпеки). СМДР використовуються для надання допомоги поліцейським та транспортним органам у профілактичних та нормативних заходах для підвищення безпеки дорожнього руху.

СМДР мегаполісу використовується на ключових перехрестях перед або на об'єктах інфраструктури (мости, тунелі), в пунктах огляду вантажних і комерційних автомобілів, на зупинках відпочинку, пандусах, наземних та підземних переходах тощо.

Однією з основних функцій системи моніторингу руху є класифікація транспортних засобів, що базується на динамічній відеофіксації транспортних засобів. Точна класифікація транспортних засобів за різними типами має вирішальне значення для ефективного руху та планування перевезень [1]. Наприклад, інформація про кількість великогабаритних вантажівок на ділянці автомагістралі використовується для оцінки пропускної здатності ділянки та планування робіт з ремонтних робіт дорожнього покриття. Визначення типів транспортних засобів, особливо кількості транспортних засобів, особливо з вагою більше п'яти тонн, представляє великий інтерес для спільноти. Навіть геометричний дизайн

проїжджої частини у низці випадків напряму залежить, від типів транспортних засобів, які часто використовують проїжджу частину [2].

Аналіз публікацій за темою дослідження. Питанням, пов'язаним із класифікацією зображень, присвячено багато наукових праць, наприклад, [3-5]. Окремо можна виділити низку праць, що орієнтовані на динамічну відеофіксацію зображень [6, 7] та пов'язані із об'єктами дорожнього руху [8]. Але всі розглянуті методи не орієнтовані на швидку відеофіксацію, причому не у статичній, а у динамічній.

Тому **метою даної статті** є розробка програми швидкої динамічної відеофіксації транспортних засобів, яка дозволить запустити в режимі реального часу компонент класифікації рухомих засобів системи моніторингу дорожнього руху у мегаполісі. **Завдання дослідження** полягають у аналізі технічного забезпечення, виборі програмних засобів та розробці відповідної програми.

1. Технічне забезпечення СМДР

1.1 Детектори та датчики. Розглянемо основні принципи дії детекторів транспортних засобів, що використовує СМДР для визначення інтенсивності і складі руху.

Магнітно-індуктивні детектори засновані на вимірі зміни параметрів електромагнітних коливань, що генеруються в індуктивних детекторах, розташованих в покритті автомобільної дороги.

Радіолокаційні (СВЧ) детектори засновані на ефекті Доплера і складаються з випромінювача і приймача високочастотного випромінювання. Параметри відбитого від покриття дороги сигналу, що приймаються приймачем, змінюються при проїзді транспортного засобу в зоні дії детектора. Ці детектори чутливі до зміни погодних-кліматичних умов.

Ультразвукові детектори теж засновані на ефекті Доплера і складаються з випромінювача і приймача ультразвукового випромінювання. Робота ультразвукового датчика заснована на п'єзо-ефекті - зміні геометричних розмірів керамічної або

кварцовою пластини в електричному полі, а також появи електричного поля на поверхні пластини при механічних впливах на неї.

Інфрачервоні детектори діляться на активні і пасивні. Активні детектори засновані на реєстрації зміни інтенсивності інфрачервоного випромінювання, що виникає при русі транспортного засобу. Пасивні детектори не мають випромінювача і реагують на появу транспортного засобу.

Магнітні детектори засновані на впливі магнітного поля Землі і реагують на його зміну при проїзді транспортного засобу (рис. 1). Вони діляться на активні (магнітометри) і пасивні (феррозонди).

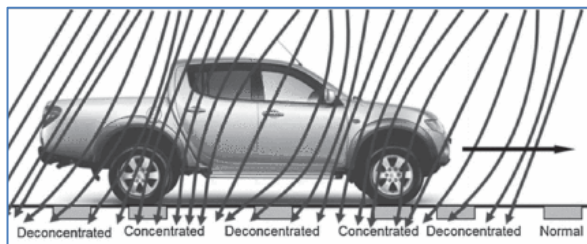


Рис. 1. Принцип роботи магнітного детектора

Пневматичні детектори засновані на визначенні зміни тиску при проїзді транспортного засобу. Виникає імпульс повітряного тиску, який поширюється уздовж трубки і впливає на перетворювач електричних сигналів.

Тензодетектори дозволяють визначати число осей транспортного засобу і навантаження на осі.

Відеодетектори, це, зазвичай, різноманітні спеціалізовані відеокамери, що надають багату інформацію для класифікації транспортних засобів, таку як візуальні характеристики та геометрія транспортних засобів, що проїжджають повз них. Системи із відеокамерами можна класифікувати на основі того, як фіксується зображення транспортного засобу (наприклад, методи зменшення впливу фонового зображення).

Датчики вібрації використовують саме дорожнє покриття як перетворювач, вібраційні датчики фіксують унікальні вібраційні моделі, викликані проїжджаючими транспортними засобами через низьку еластичність дорожнього покриття, що робить вібрації добре локалізованими в часі та просторі.

1.2 Вибір мікрокомп'ютера. Для розробки моделі було розглянуто багато різних мікрокомп'ютерів. Зупинилися на виборі мікрокомп'ютеру Raspberry Pi 1 Model B+ (рис. 2), який, хоч і має габарити, порівняні з кредитною картою, але може забезпечити функціональність середнього настільного персонального комп'ютера і підійде для запуску та роботи багатьох застосунків, таких як текстові редактори, таблиці, ігри, серфінг в інтернеті, а також перегляду відео в високій роздільній здатності (Full HD). Його конструкція не включає вбудований жорсткий диск або твердотільний накопичувач. У цій ролі використовується карта пам'яті формату microSD, на якій розміщується завантажувач операційної системи, а вільне місце використовується як системний диск і сховище даних.



Рис. 2. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 1 Model B+

Основні його переваги:

- низьке енергоспоживання ;
- система керування живленням дозволяє керувати живленням різних пристроїв прямо з Raspberry Pi 1 Model B+, що дозволяє використовувати пристрої з високим енергоспоживанням, такі як зовнішні жорсткі диски USB ;
- універсальний роз'єм 40 pins GPIO, на відміну від 26-контактного у попередній модифікації;
- наявність 4-х USB-портів.

Основні його характеристики:

- чіп: Broadcom BCM2835 процесор мультимедійних додатків з підтримкою Full HD;
- CPU: Енергоефективний процесор програм ARM11CPU: 700 МГц ;
- GPU: двоядерний процесор VideoCore IV®. Забезпечує Open GL ES 2.0, апаратне прискорення OpenVG та високопродуктивне декодування H.264 1080p30. Продуктивність до 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s або 24GFLOP з фільтрацією текстур та інфраструктурою DMA ;
- пам'ять: SDRAM 512 МБ , 400 MHz;
- операційна система: завантаження з карти Micro SD, що працює під керуванням операційної системи Linux;
- живлення: роз'єм Micro USB 5V, 2A. Потужність / напруга: від 600 мА до 1,8 А при 5 В;
- Ethernet: 1 порт RJ45 10/100 BaseT;
- відеовихід: HDMI (версія 1.3 та 1.4), композитний RCA (PAL та NTSC);
- аудіо: багатоканальне HD-аудіо через HDMI, стерео через роз'єм 3,5 мм;
- інтерфейси: GPIO 40, 1x CSI-2 для камери Raspberry Pi, 1x DSI для дисплеїв Raspberry Pi;
- розміри : 85 mm x 56 mm;
- вага : 0,055 кг.

2. Вибір програмного забезпечення

Програмне забезпечення для Raspberry Pi. Платформа Clover заснована на операційній системі Raspbian і популярному робототехнічному фреймворку ROS. Потрібно встановити програмне забезпечення для зручної роботи з Clover. Можливо підключення до Clover по Wi-Fi.

Мова програмування. Для розробки програмного забезпечення, для визначення інтенсивності руху на ділянці дороги, був вибраний Python, як мова програмування. Python має ефективні структури даних високого рівня та простий, але ефективний підхід до об'єктно-орієнтованого програмування. Елегантний синтаксис Python, динамічна обробка типів, а також те, що це інтерпретована мова, роблять її ідеальною для написання скриптів та швидкої розробки прикладних програм у багатьох галузях на більшості платформ.

Середовище розробки. Як середовище розробки було обрано Visual Studio Code – редактор вихідного коду, розроблений Microsoft для Windows, Linux та macOS. Позиціонується як «легкий» редактор коду для крос-платформної розробки веб- та хмарних програм. Включає в себе відладчик, інструменти для роботи з Git, підсвічування синтаксису, IntelliSense та засоби для ре-факторингу. Має широкі можливості. Розробляється як програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом.

Бібліотеки для проекту. Для розробки програмного забезпечення використані такі бібліотеки:

- OpenCV (Open Source Computer Vision Library), бібліотека, написана мовою високого рівня (C/C++), містить алгоритми для: інтерпретації зображень, калібрування камери за зразком, усунення оптичних спотворень, визначення подібності, аналіз переміщення об'єкта, визначення форми об'єкта та стеження за об'єктом, 3D-реконструкція, сегментація об'єкта, розпізнавання жестів тощо; ця бібліотека дуже популярна завдяки своїй відкритості та можливості безкоштовного використання; фактично – це набір типів даних, функцій, класів для обробки зображень алгоритмами комп'ютерного зору;

- Imutils, у цьому пакеті в основному 4 функцій, які зручніші для користувачів, ніж використання бібліотеки OpenCV безпосередньо;

- Matplotlib, бібліотека мовою програмування Python для візуалізації даних двовимірною та тривимірною графікою; отримувани зображення можна використовувати як ілюстрації у публікаціях; пакет підтримує багато видів графіків та діаграм;

- Dlib, бібліотека C++ для машинного навчання, яка містить безліч часто використовуваних алгоритмів для машинного навчання; може допомогти створити багато складних програм для машинного навчання; широко використовується в промислових та академічних областях, включаючи роботів, вбудовані пристрої, мобільні телефони та великі високопродуктивні обчислювальні середовища; відкритий вихідний код, безкоштовна.

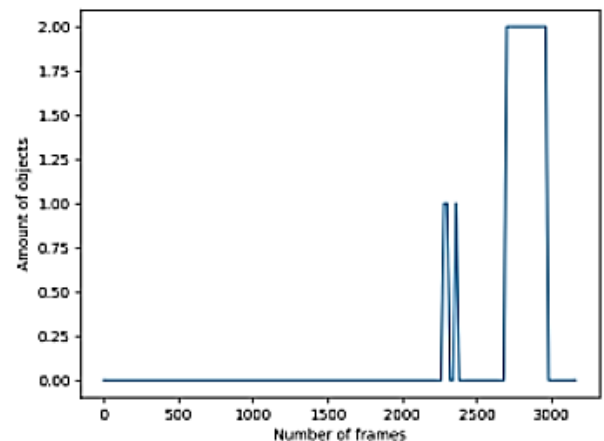
3. Розробка імітаційної моделі

Після підключення бібліотек було розроблено програму моніторингу інтенсивності руху на певній ділянці дороги.

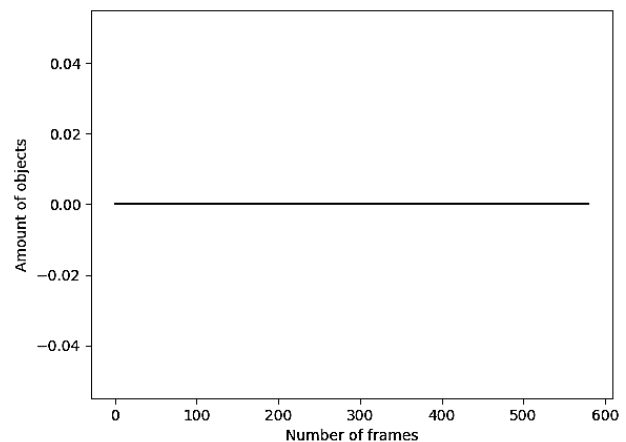
Програма підключається до IP-камери, розпізнає різні види транспорту (рис. 3), зберігає відеозапис і видає звіт (рис. 4), в якому показана кількість різних видів транспорту, що проїхали ділянкою, що досліджується, за певний період часу.



Рис. 3. Приклад розпізнавання транспортної одиниці



а



б

Рис. 4. Зразок звіту (горизонтальна вісь – кількість кадрів, вертикальна вісь – кількість транспортних засобів) час звіту: а – 14.46-14.48 21.02.22, б – 15.01-15.02 22.02.22)

З першого прикладу (рис. 4, а) бачимо, що на 2300 та 2700 кадрах були зафіксовані об'єкти, а також вказана їхня кількість. Другий приклад (рис. 4, б) показує, що за час спостереження об'єктів зафіксовано не було.

Після закінчення виконання програми в кореневій папці програми з'являться 2 файли (рис. 5), з записом з камери у форматі .avi, і зображенням відповідних графіків у форматі .png.

Висновки

Проблеми транспортної системи безпосередньо пов'язані зі зростанням кількості транспортних засо-

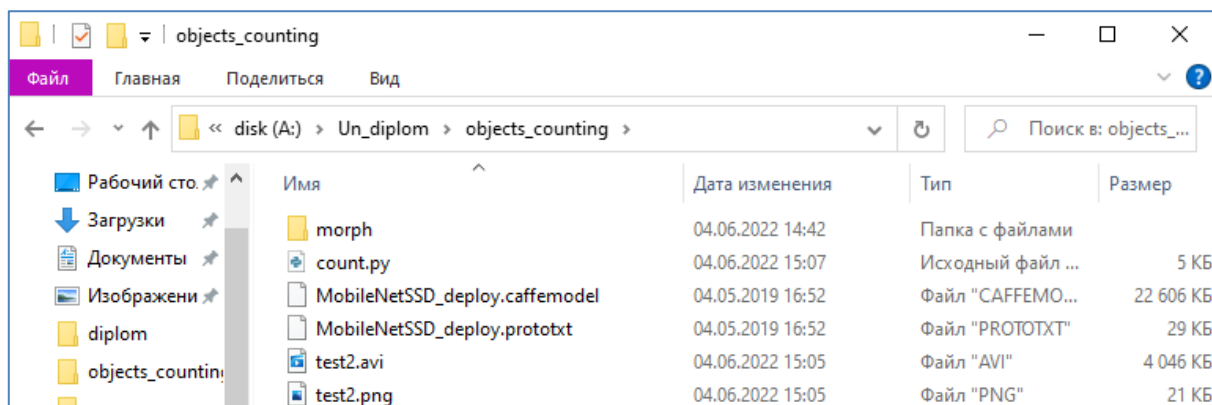


Рис. 5. Приклад кореневої папки програми

бів, що пересуваються містом. Система моніторингу дорожнього руху є ефективною альтернативою для зменшення заторів на дорогах.

Був проведений аналіз технічного забезпечення, що використовується для фіксації об'єктів дорожнього руху, вибрані потрібні програмні засоби та розроблена відповідна програма у обраному середовищі. Також були розглянуті принципи дії детекторів транспортних засобів, що визначають інтенсивність і склад руху, їх недоліки і переваги.

Запропонований у статті програмний комплекс динамічної відеофіксації транспортних засобів при дорожньому русі у мегаполісі дозволить проводити їх ідентифікацію у режимі реального часу.

Напрямок подальших досліджень – розробка системи швидкої динамічної ідентифікації різних видів транспорту, що приймають участь у дорожньому русі, на основі запропонованого підходу до відеофіксації з використанням математичного апарату сучасних нейронних мереж.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інтелектуальна система моніторингу дорожнього руху. Київ : НАУ, 2021. URL: <https://nau.edu.ua/ua/menu/science/naukovi-rozrobki/intelektualna-sistema-monitoringu-dorozhnogo-ruxu.html>
2. Matheus S Quessada, Rickson S Pereira, William Revejes (2020), ITSMEI: An intelligent transport system for monitoring traffic and event information, International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 16 (10), pp. 1-13, DOI: <https://doi.org/10.1177/1550147720963751>
3. Myoungyu, Won (2020), "Intelligent Traffic Monitoring Systems for Vehicle Classification: A Survey", *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 73.340–73.358, DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2987634>
4. Гороховатський, В., & Власенко, Н. (2021). Редукція опису зображення у складі множини дескрипторів на основі метричного критерію інформативності. *Сучасні інформаційні системи*, 5(4), 10–16. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.4.02>
5. Гороховатський, В., Стяглик, Н., & Жадан, О. (2022). Застосування багатокомпонентної моделі даних для описів класів у задачі класифікації зображень. *Сучасні інформаційні системи*, Vol. 6(1), pp. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2022.1.01>
6. Svyrydov, A., Kuchuk, N., Tsiapa, O. (2018), "Improving efficiency of image recognition process: Approach and case study", Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT 2018, pp. 593-597, DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409201>
7. Худов В.Г., Кучук Г.А., Маковейчук О.М., Крижний А.В. Аналіз відомих методів сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптикоелектронного спостереження. *Системи обробки інформації*. 2016. Вип. 9 (146). С. 77-80.
8. Кір'янов О. Ф., Мороз М. М., Бойко Ю. О. Інформаційні технології на автомобільному транспорті : навч. посіб., Кременчуцький нац. ун-т ім. Михайла Остроградського. Харків : Дркарня Мадрид, 2015. 270 с.

Received (Надійшла) 11.03.2022

Accepted for publication (Прийнята до друку) 25.05.2022

Dynamic video fixation of transport facilities for the system of monitoring road traffic in the metropolis

N. Kuchuk, O. Mikhal, A. Shiman, M. Naumenko

Abstract. Currently, the traffic monitoring system in the metropolis requires components for the classification of vehicles that can function in real time. However, this task significantly depends on the characteristics and capabilities of the program for dynamic video recording of vehicles. Therefore, the purpose of this article is to develop a program for fast dynamic video recording of vehicles, which will allow to launch in real time the component of the classification of moving vehicles in the traffic monitoring system in the metropolis. The subject of research in the article is the methods of dynamic fixation of vehicles. The object of the study is the traffic process in the metropolis. To achieve the goal, the following research tasks were solved: the analysis of the technical support used to fix traffic objects was carried out, the necessary software tools were selected and the corresponding program was developed in the selected environment. Conclusion. The software package for dynamic video recording of vehicles during road traffic in the metropolis proposed in the article will allow for their identification in real time.

Keywords: road traffic, vehicle, video recording, metropolis.