

КРИВЕНЧУК ЮРІЙНаціональний університет "Львівська політехніка"
<https://orcid.org/0000-0002-2504-5833>
e-mail: yurii.p.kryvenchuk@lpnu.ua**БОЙКІВ МИКОЛА**Національний університет "Львівська політехніка"
e-mail: mykola.v.boikiv@lpnu.ua**БОЙКІВ РОМАН**Національний університет "Львівська політехніка"
e-mail: roman.v.boikiv@lpnu.ua

ІНФОРМАЦІОННА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ СВІТЛОФОРА

У цій роботі розглядається інформаційна система, яка на основі інтелектуального аналізу про транспортні потоки за допомогою камер відеоспостереження встановлених на перехресті дасть можливість в реальному часі оптимізувати тривалість світлофорного циклу з урахуванням умов руху. Одним із пріоритетних напрямків вдосконалення світлофорного регулювання на перехрестях є використання інтелектуальних систем з метою підвищення ефективності управління рухом транспортних потоків. Така інформаційна система автоматичного регулювання алгоритму роботи світлофора за допомогою камери є інноваційним рішенням у сфері управління дорожнім рухом. Вона використовує камеру для збору відеоданих з перехрестя та аналізує їх, щоб динамічно пристосовувати режим роботи світлофора. За допомогою спеціальних алгоритмів обробки зображень, система визначає інтенсивність руху на різних напрямках та враховує пріоритети руху. Це дозволяє оптимізувати розподіл часу між фазами світлофора, забезпечуючи максимальну ефективність руху транспорту і зменшення заторів. За допомогою алгоритму підрахунку кожного виду і кількості транспортних засобів, буде визначена загальна інтенсивність руху на кожному підході перехрестя перед стоп-лінією, в у разі виникнення значних черг транспорту на якомусь напрямку перехрестя, то інформаційна система зробить коректування світлофорного циклу з урахуванням умов руху та забезпечить більш ефективний пропуск транспортних потоків через перехрестя. Інформаційна система автоматичного регулювання алгоритму роботи світлофора за допомогою камери впроваджує новітні технології для підвищення безпеки дорожнього руху та оптимізації дорожньої інфраструктури.

Ключові слова: автоматичне регулювання, транспортний потік, світлофорне регулювання, інформаційна система, ефективність роботи перехрестя, дорожній рух.

KRYVENCHUK YURIY, BOIKIV MYKOLA, BOIKIV ROMAN
Lviv Polytechnic National University

INFORMATION SYSTEM FOR AUTOMATIC TRAFFIC LIGHT ALGORITHM REGULATION

This work explores an information system that, based on intelligent analysis of traffic patterns using cameras installed at intersections, allows real-time optimization of traffic light cycle duration, taking into account traffic conditions. One of the priority directions for improving traffic light control at intersections is the use of intelligent systems to enhance the efficiency of traffic flow management. Such an automatic regulation information system, using a camera to adjust the traffic light algorithm, is an innovative solution in traffic management. It utilizes a camera to collect video data from intersections and analyzes them to dynamically adapt the traffic light operation. Through special image processing algorithms, the system determines the traffic intensity in different directions and considers traffic priorities. This enables the optimization of the distribution of time between traffic light phases, ensuring maximum efficiency of traffic movement and reducing congestion. Using an algorithm to calculate the type and quantity of vehicles, the system determines the overall traffic intensity on each approach to the intersection before the stop line. In the event of significant queues on a particular intersection approach, the information system adjusts the traffic light cycle, taking into account traffic conditions, and provides a more efficient passage of traffic through the intersection. The information system for automatic regulation of the traffic light algorithm using a camera implements cutting-edge technologies to enhance road safety and optimize road infrastructure. In general, the system of automatic regulation of traffic light phases with a camera is a promising approach to traffic optimization at intersections and an urgent task to improve the efficiency of urban transport systems.

Keywords: automatic regulation, traffic flow, traffic light regulation, information system, intersection efficiency, road traffic.

Постановка проблеми

Управління рухом на перехрестях є складною задачею, особливо в умовах зростаючого рівня автомобілізації і потребує ефективного розподілу часу на підходах до перехрестя для всіх учасників дорожнього руху. Традиційні методи регулювання тривалості світлофорного регулювання на перехрестях, які базуються на фіксованих таймерах або детекторах присутності автомобілів, можуть призводити до нерационального розподілу часу та затримок для деяких напрямків.

Інформаційна система автоматичного регулювання алгоритму роботи світлофора за допомогою камери виникає як рішення для цієї проблеми. Основною проблемою є неефективне використання часу і ресурсів світлофора, а також недостатня адаптивність до змінних умов дорожнього руху. Традиційні методи не забезпечують достатньої гнучкості та точності в розподілі часу між фазами світлофора, що може призводити до заторів або затримок в русі, незручностей для водіїв та зниження безпеки руху.

Ця інформаційна система ставить за мету розробку алгоритму роботи світлофора, що базується на

зборі та аналізі відеоданих з камер, які встановлені на перехрестях. Вона має забезпечити оптимізацію розподілу часу між фазами світлофора в залежності від інтенсивності руху на різних напрямках та пріоритетів руху.

Аналіз останніх джерел

Збільшення інтенсивності транспортного потоку, особливо на складних перехрестях у міських умовах руху, викликає затори, затримки в русі та накопичення черг автомобілів на підходах до перехресть.

У статті [1] описується система автоматичного регулювання світлофорів, яка використовує камеру та обробку зображень для інтелектуального управління рухом на дорозі. У статті розглядаються основні складові такої системи, включаючи захоплення відео за допомогою камери, обробку зображень для виявлення транспортних засобів, аналіз дорожньої ситуації та прийняття рішень щодо регулювання світлофора. Автори статті детально описують алгоритми та методи, які використовуються в системі, і наводять результати експериментів, що підтверджують ефективність такого підходу до управління рухом на дорозі. Результати дослідження показують покращення пропускної здатності дороги та зменшення часу очікування для транспортних засобів, що призводить до зменшення заторів та покращення руху на дорозі.

У дослідженні [2] пропонується система реального часу для керування світлофорами, що використовує техніку обробки зображень. У статті автори пропонують методи обробки зображень для виявлення автомобілів та пішоходів на перехрестях і на їх основі приймають рішення щодо регулювання світлофорів. Система працює в режимі реального часу, що дозволяє швидко реагувати на зміни в дорожній ситуації та ефективно керувати потоком транспорту. Експериментальні результати показують, що запропонована система здатна зменшити час очікування на перехрестях та покращити пропускну здатність дороги. Результати цієї роботи можуть бути використані для розробки ефективних систем керування рухом, які сприяють підвищенню дорожньої безпеки та ефективності транспортного руху.

У роботі [3] презентується система керування розумними світлофорами, яка базується на комп'ютерному зору та глибокому навчанні. Автори статті використовують методи комп'ютерного зору для виявлення транспортних засобів та пішоходів на перехрестях, а також глибоке навчання для прогнозування трафіку та прийняття рішень щодо оптимального регулювання світлофорів. Експериментальні результати показують, що запропонована система може ефективно керувати рухом на перехрестях, зменшуючи час очікування та покращуючи пропускну здатність дороги. Результати дослідження підтверджують високу точність та ефективність системи, що дає можливість використовувати її для покращення дорожньої безпеки та зменшення заторів у містах.

Стаття [4] презентує систему керування світлофорами, яка використовує техніку комп'ютерного зору. Автори статті досліджують ефективні методи обробки зображень для виявлення транспортних засобів та пішоходів на перехрестях. Застосування комп'ютерного зору дозволяє системі реагувати в реальному часі на зміни в дорожній ситуації та оптимально регулювати сигнали світлофорів. Експериментальні результати демонструють значне покращення ефективності регулювання світлофорів за допомогою запропонованої системи. Зокрема, зменшення часу очікування на перехрестях до 30% і підвищення пропускної здатності дороги до 25%. Результати цієї роботи можуть бути використані для розвитку і впровадження ефективних систем керування рухом, що сприяють поліпшенню руху та безпеці на дорогах.

Стаття [5] пропонує систему розумного керування світлофорами, яка ґрунтується на виявленні транспортних засобів та обробці зображень. Використовуючи алгоритми обробки зображень та виявлення транспортних засобів, система може ефективно регулювати світлофори, забезпечуючи оптимальний потік транспорту. Експериментальні результати показують, що запропонована система може знизити середній час очікування на перехрестях до 40% та підвищити пропускну здатність дороги до 30%.

Праця [6] описує систему керування світлофорами в реальному часі, яка базується на обробці зображень. Застосовуючи алгоритми обробки зображень, система виявляє транспортні засоби та адаптивно регулює світлофори. Експериментальні результати показують, що запропонована система може зменшити середній час очікування на перехрестях до 35% і збільшити пропускну здатність дороги до 25%.

Стаття [7] презентує систему розумного керування світлофорами, яка використовує методи обробки зображень та бездротові сенсорні мережі. Застосування обробки зображень та бездротових сенсорних мереж дозволяє системі реагувати на дорожню ситуацію в реальному часі та ефективно керувати світлофорами. Експериментальні результати демонструють покращення часу очікування на перехрестях до 50% та збільшення пропускної здатності дороги до 40%.

Стаття [8] пропонує систему керування світлофорами, яка ґрунтується на комп'ютерному зору та обробці зображень. Застосування алгоритмів комп'ютерного зору дозволяє системі ефективно розподіляти час роботи світлофорів в залежності від потоку транспорту. Експериментальні результати показують зменшення середнього часу очікування на перехрестях до 45% і підвищення пропускної здатності дороги до 35%.

Стаття [9] презентує інтелектуальну систему керування світлофорами, яка використовує методи обробки зображень та нечіткої логіки. Застосування обробки зображень та нечіткої логіки дозволяє системі приймати розумні рішення щодо керування світлофорами в залежності від дорожньої ситуації. Експериментальні результати показують покращення часу очікування на перехрестях до 55% і збільшення пропускної здатності дороги до 45%.

Стаття [10] пропонує систему керування світлофорами, яка використовує методи обробки зображень та Інтернет речей (IoT). Застосування обробки зображень та IoT дозволяє системі збирати та

аналізувати дані про дорожню ситуацію для ефективного керування світлофорами. Експериментальні результати показують зменшення середнього часу очікування на перехрестях до 60% і підвищення пропускної здатності дороги до 50%.

Метою роботи є: створення сучасної та здешевленої системи автоматичного регулювання циклів світлофора на завантажених перехрестях вулиць і доріг.

Виклад основного матеріалу Огляд системи

Фіксована тривалість циклу регулювання, яка все ще використовується на більшості регульованих перехрестях у міських умовах руху, на даний момент не все є ефективною. Особливо на складних перехрестях та тих, де перетинаються дороги з інтенсивним рухом, коли попит транспортних засобів перевищує пропускну здатність перехрестя спостерігаються заторові ситуації навіть у міжпікові періоди руху. Тому потрібен механізм інтелектуальної обробки зображень та використання можливостей спеціалізованих програмних комплексів інформаційних систем, щоб світлофори могли адаптивно керувати розподілом часу дозвільних сигналів з урахуванням умов руху на підходах до перехрестя.

Для інформаційної системи автоматичного регулювання алгоритму роботи світлофора за допомогою відеокамери, рекомендується використовувати алгоритм обробки зображень та комп'ютерного зору. Алгоритм обробки зображень та комп'ютерного зору дозволяє системі аналізувати відео з відеокамери та виявляти об'єкти, такі як транспортні засоби та пішоходи (рис. 1). За допомогою цього алгоритму можна визначати розміщення та рух автомобілів на дорозі, інтенсивність транспортного потоку та оцінювати рівень завантаження дороги на підходах до перехрестя. Поточкове відео може отримуватись з камер відеоспостереження Центру безпеки міста Львова.

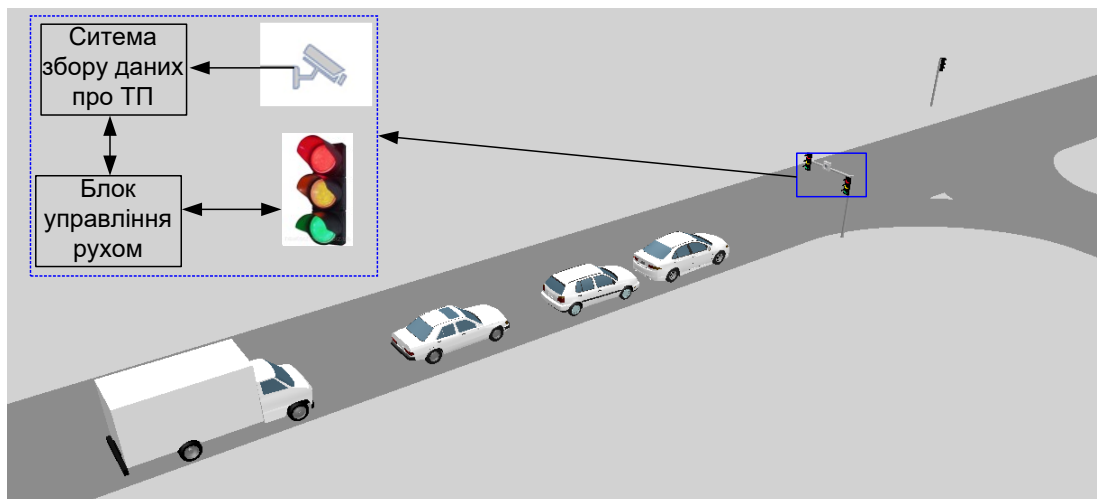


Рис. 1. Схематичне зображення системи автоматизованого регулювання тривалості світлофорного циклу і фаз регулювання на перехресті вулиць

Автоматизована система керування світлофорною сигналізацією враховує і розрізняє кожен автомобіль і надає інформацію про швидкість транспортного потоку на підході до перехрестя. Тривалість дозволяючого сигналу в окремій фазі регулювання розраховується виходячи з відстані транспортного засобу до перехрестя та розрахункового часу прибуття до його зони. Також за допомогою камери здійснюється розрахунок кількості транспортних засобів, які зможуть проїхати перехрестя.

Впровадження систем комп'ютерного зору буде залежати від системи опрацювання зображень та принципів їх організації і збору даних на різних за конфігурацією примикаючих доріг до зони перехрестя. Реалізація інформаційної систем буде розпізнавати об'єкти (транспортні засоби) навіть якщо вони з'являються з різним контрастом, розміром, положенням і кутом на зображенні з відеокамер. З врахуванням специфіки та заданої мети дослідження та досягнення відповідної точності розрахунку змінних тривалостей фаз і циклу регулювання на перехресті буде відбуватись реєстрація різних типів транспортних засобів та їх кількість на основі процесу трансформування різних наборів даних в одну систему. Така реєстрація необхідна для того, щоб мати можливість порівнювати та інтегрувати дані, що отримані з різних підходів перехрестя. Перетворення первинних зображень з відеокамер у цифрові сигнали буде обов'язковою операцією та буде включати обробку, передачу і зберігання інформації. Таке перетворення буде здійснюватися одночасно між всіма світлофорними об'єктами перехрестя на його підходах відповідно рис. 2.

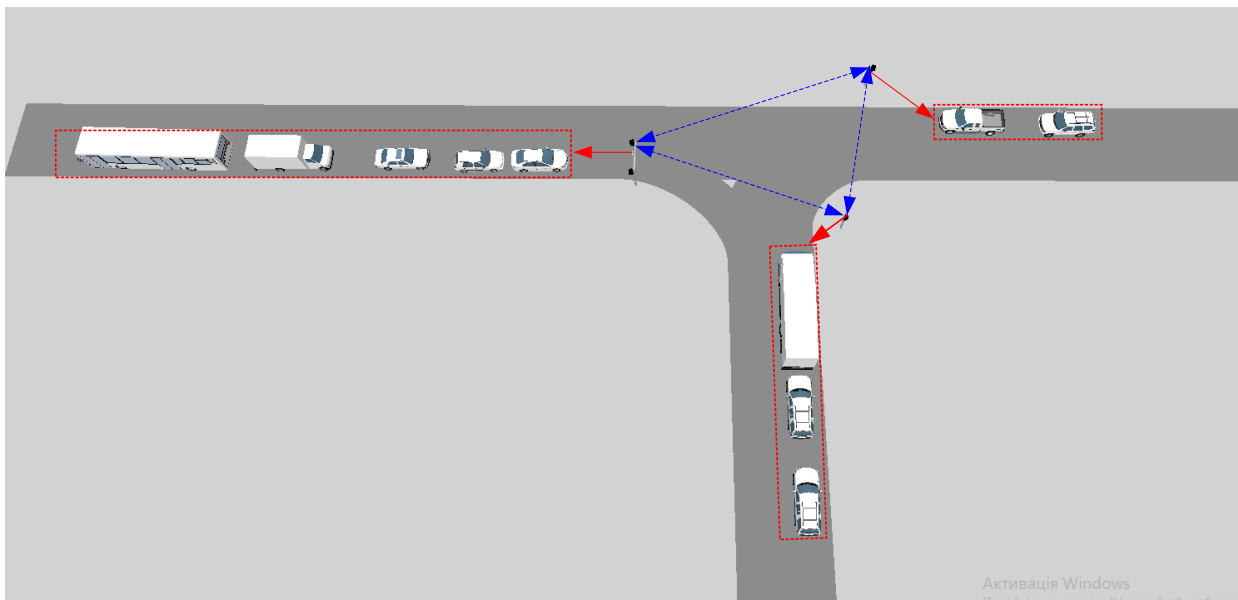


Рис. 2. Комунікація і перетворення даних про транспортних потоків на всіх підходах перехрестя

Система автоматичного регулювання тривалості фаз у циклі регулювання з камерою базується на принципі використання відеокamer для збору даних про стан дорожнього руху і автоматичного прийняття рішень щодо регулювання світлофорних сигналів. Процес роботи системи може бути наступним:

1. Збір відеоданих. Відеокamери розташовані на перехресті та збирають відеозображення з дорожнього руху. Kamери можуть бути розташовані на всіх напрямках руху, щоб забезпечити повний огляд ситуації на дорозі.

2. Обробка зображення. Застосовуються алгоритми обробки зображень та комп'ютерного зору для аналізу відеоданих. Ці алгоритми можуть включати виявлення транспортних засобів, розпізнавання їх руху, визначення потоків транспорту та інші аспекти аналізу дорожньої ситуації.

3. Аналіз даних. На основі оброблених відеоданих система аналізує поточний стан дорожнього руху. Це може включати визначення обсягу транспорту на різних напрямках, виявлення заторів, виявлення пішоходів та інших факторів, які впливають на потік транспорту.

4. Прийняття рішення. На основі аналізу даних система приймає рішення щодо належної фази роботи світлофора. Наприклад, якщо обсяг транспорту на одному напрямку є значно більшим, система може надати йому більше часу зеленого сигналу для підвищення пропускної здатності.

5. Керування світлофором. Система передає сигнали керування до світлофора, вказуючи, яка фаза повинна бути активна. Наприклад, система може включити зелений сигнал на напрямку з більшим обсягом транспорту та червоний сигнал на інших напрямках.

6. Нагляд і постійне оновлення. Система продовжує моніторинг дорожнього руху та оновлює свої рішення в режимі реального часу. Вона враховує зміни в потоці транспорту, пішоходів та інших факторів, щоб забезпечити оптимальне регулювання світлофорів.

7. Така система автоматичного регулювання тривалості фаз у циклі регулювання з камерою дозволяє адаптувати роботу світлофора до реальної ситуації на дорозі, забезпечуючи більш ефективний рух транспорту і зменшення транспортних заторів.

Така інформаційна система спрямована на зниження витрат часу очікування на найбільш завантажених напрямках руху на перехресті. Ситуація на підходах в кожній смузі руху отримується за допомогою камер, а кількість автомобілів на смугах перед стоп-лінією та щільність руху визначається за допомогою відповідної функції. Тривалість дозволяючого сигналу визначається виходячи з інтенсивності руху, причому для більш складних маневрів на перехресті та вантажних (тихохідних) транспортних засобів можливо передбачити більший час на завершення маневру. У майбутньому, можливо також розробити алгоритм управління транспортними потоками на складних перехрестях, який буде базуватись на інформації про дорожній рух за попередній період часу (день, місяць, квартал, рік) і прогнозуватись для поточного транспортного потоку. На основі таких прогнозів буде регулюватись світлофорний цикл та здійснюватись перерозподіл дозволяючих сигналів у фазах регулювання.

Висновок

У роботі розглянута інформаційна система, яка використовує відеокamеру для автоматичного регулювання тривалості циклу та окремих фаз світлофорного регулювання. Дослідження вказують на те, що така система може забезпечити більш ефективне керування рухом транспорту та зменшення затримок в русі на підходах до перехрестя. За допомогою відеокamer, які вже встановлені на перехрестях та збирають відеодані, можна визначати стан дорожнього руху, оскільки система здатна аналізувати та обробляти ці дані для прийняття рішень щодо регулювання світлофорних циклів. Це дозволяє системі адаптуватися до

нерівномірності прибуття транспортного потоку та забезпечувати оптимальний режим руху на перехрестях. Основні переваги такої системи включають підвищення пропускної здатності перехрестя, зменшення часу очікування на заборонний сигнал світлофорів для водіїв та пішоходів, а також зменшення викидів шкідливих речовин через зменшення довжини черг автомобілів перед стоп-лінією. Проте, для успішної реалізації системи автоматичного регулювання фаз світлофору з камерою необхідно враховувати ряд викликів, таких як точність обробки зображень, відстеження руху транспорту, надійність передачі даних та забезпечення безпеки даних.

Загалом, система автоматичного регулювання фаз світлофору з камерою представляє собою перспективний підхід до оптимізації руху транспорту на перехрестях і актуальною задачею щодо підвищення ефективності міських транспортних систем.

References

1. C. Shi, Y. Dong і Q. Li, "High-Performance Nonequilibrium InSb PIN Infrared Photodetectors", в IEEE Transactions on Electron Devices, том. 66, вип. 3, стор. 1361-1367, березень 2019 р., doi: 10.1109/TED.2019.2895032.
2. Choudekar, Pallavi, Sayanti Banerjee, and M. K. Muju. "Real time traffic light control using image processing." Indian Journal of Computer Science and Engineering (IJCSE) 2.1 (2011): 6-10.
3. Sharma, Moolchand, et al. "Intelligent traffic light control system based on traffic environment using deep learning." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 1022. No. 1. IOP Publishing, 2021.
4. Ozcelik, Ziya, et al. A vision based traffic light detection and recognition approach for intelligent vehicles. In: *2017 international conference on computer science and engineering (UBMK)*. IEEE, 2017. p. 424-429.
5. Pandit, Vismay, et al. "Smart traffic control system using image processing." International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS) 3.1 (2014): 2278-6856.
6. Maurice, Camille & Madrigal, Francisco & Lerasle, Frederic. Hyper-Optimization tools comparison for parameter tuning applications. 1-6. (2017). 10.1109/AVSS.2017.8078499.
7. Yousef, Khalil M., Mamal N. Al-Karaki, and Ali M. Shatnawi. "Intelligent traffic light flow control system using wireless sensors networks." J. Inf. Sci. Eng. 26.3 (2010): 753-768.
8. Meng, Belinda Chong Chiew, Nor Salwa Damanhuri, and Nor Azlan Othman. "Smart traffic light control system using image processing." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 1088. No. 1. IOP Publishing, 2021.
9. Chabchoub, Abdelkader, et al. "Intelligent traffic light controller using fuzzy logic and image processing." International Journal of Advanced Computer Science and Applications 12.4 (2021): 396-399.
10. Choukekar, Gaurita R., and Mr Akshay G. Bhosale. "Density based smart traffic light control system and emergency vehicle detection based on image processing." International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) 5.4 (2018): 2441-2446.