

Ю.Б. МИХАЙЛЯК, О.А. ПАСІЧНИК, Т.К. СКРИПНИК
Хмельницький національний університет

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА РОЗУМНОГО СВІТЛОФОРА ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ТРАФІКУ

Реалізована інформаційна технологія регуляції дорожнього трафіку. Програмний застосунок забезпечує керування світлофором на перехресті, базуючись на завантаженості доріг. Завантаженість доріг визначається кількістю транспортних засобів на ділянці. Додатковими функціями є логування стану світлофора і зберігання відео в файлової системі комп'ютера. Реалізовано інтеграцію зі сторонніми бібліотеками.

Keywords: traffic, traffic lights, vehicles, traffic jams, optimization, vehicles detection.

YU.B. MYKHAILIAK, O.A. PASICHNYK, T.K. SKRYPNYK
Khmelnyskyi National University

PLANNING INFORMATION SYSTEM FOR THE BEST WAY TO DELIVER CARGO WITH THE HELP OF THE TRAVELER'S TASK

Today, cars are as much a part of our lives as a luxury. It is difficult to understand that the first cars were perceived as a manifestation of evil spirits. A little later, cars were available only to the rich. Now cars cover all parts of our society. The main reason for the popularity of cars was the ability to be mobile in a given situation. Undoubtedly, your own car provides a lot of time. Cars are also used in businesses of various sizes, the main field of use – transportation of goods, transportation of people and others. The development of road surface is developing in parallel with consumers. In the civilized world, people began to use means to prevent traffic accidents, so there were traffic rules, road markings, lying police and road signs. Probably, one of the main attributes of traffic regulation is a traffic light - a device that gives a certain lane permission to move, while blocking the movement perpendicular in order to avoid a traffic accident. The traffic light mechanism is quite simple, it does its job well. It is a clear fact that with the growth of cars, the load on the roads increases. Often the result of heavy traffic is congestion, which causes a significant difference between the expected time and the actual time of getting from point A to point B. Significant congestion is observed in large, densely populated cities. The peak time for such cities is 9:00 and 18:00, at which time residents go or return from work. You can often see that some minibuses are more popular than others. It is assumed that the load on one axle is much greater than the other, usually in such situations, the waiting time for the "green light" for the unloaded axle is inefficient. Since, in our period - time is an exhausted resource, we need to optimize the work of small things that could save on it. In this case, the automated traffic manager is useful because the system can analyze the input data and based on them to build the optimal state of the traffic light.

Keywords: traffic, traffic lights, vehicles, traffic jams, optimization, vehicles detection.

Аналіз предметної області

Світлофорний об'єкт – територія дорожнього сполучення, на котрому послідовність пересування конфліктуючих автомобільних потоків або автомобільних і пішохідних потоків врегульовується світлофорною сигналізацією.

Основні поняття авто-світлофора:

- такт – період виконання конкретної комбінації індикаторів;
- головний такт – хронологічний період, під час котрого пересування транспортних засобів (інколи й пішохідних потоків) є дозволим;
- проміжний такт – хронологічний період, під час котрого відбувається підготовка до перемикання дозволу на пересування наступній групі автомобілів (інколи й пішохідних потоків);
- фаза регулювання – сукупність головного такту й проміжного такту;
- регульовальний цикл – послідовність фаз яка повторюється з конкретною періодичністю;
- режим світлофорного регулювання – кількість часу вказаних фаз, тактів і тривалість регульовального циклу;
- схема роз'їзду – візуальне хронологічне представлення конфліктних автомобільних потоків;
- циклограма регулювання світлофора – візуальна схема послідовності й тривалості горіння індикаторів світлофорів на всіх можливих маршрутах, розташованих на вулиці.

Незважаючи на простоту й надійність механізму світлофорного регулювання, можна побачити значний недолік, а саме неможливість регулювання трафіку на основі вхідних зовнішніх даних. Під зовнішніми даними мається на увазі такі елементи: завантаженість доріг та тип транспорту.

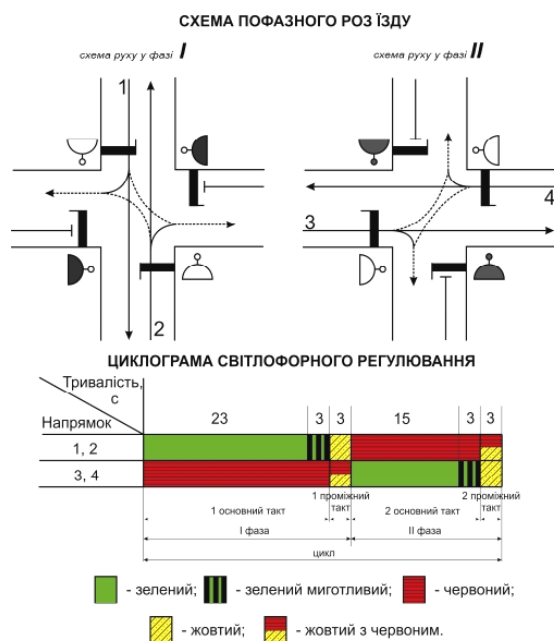


Рис. 1. Схеми основних термінів режиму регулювання світлофора [2]

Аналіз існуючого програмного забезпечення предметної області

На даний час глобальних розробок по системі розумної регуляції руху в Україні не ведеться. Існує кілька ідей на ресурсах для стартапів, які чекають інвестицій і пропонують розумну регуляцію руху на основі завантаженості доріг потоком автомобілів. Також є опис, що розвиваючи цю ідею, можна додати розумну детекцію правопорушень і виписку штрафів. Проте, за межами українського інтернет-простору можна знайти кілька схожих проєктів, які розташовані на відкритому програмному ресурсі – *github.com*. Реалізації цих проєктів мають свої плюси чи мінуси, як і будь-яке ПО. Перший з таких – “Smart-traffic-light-2” [1].



Рис. 2. Аналог системи розумного світлофора [3]

Проєкт був розроблений в рамках Бельгійського університету.

Плюси цього проєкту:

1. Система інтегрована на платформу Raspberry Pi 3 з підключеною USB-камерою.
2. Розпізнавання меж дороги, для точнішого обрахунку вхідних даних.
3. Код реалізований на мові Python, що дає легку підтримку і гнучкість в доданні нових функціональних речей.
4. Можливість надання пріоритетності для спец. засобів (швидка допомога, поліція тощо.)

Мінуси проєкту:

1. Визначення дорожнього транспорту ведеться з камери, яка може розташовуватися лише зверху.
2. Неможливість використовувати по одній камері на одну сторону.
3. Визначення автомобілів ведеться

за технологією HOG (Histogram of Oriented Gradients), що може призвести до неочікуваної поведінки під час негоди тощо.

Ще одним прикладом є схожий проєкт, який реалізований на C++ “smart-traffic-signals”[4]. Реалізації проєкту є доволі низькорівневою, що робить його надзвичайно гнучким.

Переваги проєкту:

1. C++ надає велику гнучкість редагування проєкту.
2. C++ надає великий приріст в швидкості дії.
3. Інтеграція з RaspberryPi 2.

Недоліки:

1. C++ мова з низьким рівнем абстракції, тому навіть для реалізації банальних речей потрібно більше часу, ніж до прикладу на Python.
2. Визначення автомобілів ведеться за технологією Haar Cascade, що може призвести до неочікуваної поведінки під час негоди тощо.

Поточний проєкт позбавлений деяких вад, які є описані в аналогах вище, а саме: використовується проста платформа для підтримки коду, технологія розпізнавання автомобілів ведеться за допомогою сторонньої бібліотеки, що зменшує кодову базу. Конструктивно проєкт простий тим, що потребує монтування чотирьох камер на опори світлофорів (в першому аналізі спостереження дозволяються лише зверху, що в кілька разів збільшує кошторис реалізації проєкту).

Описання бізнес-логіки

Якщо розглядати роботу звичайного світлофора, то всюди можна побачити систему, яка з періодичністю перемикає індикатори для проходження руху на тій чи іншій ділянці руху. Трапляються ситуації, коли працівникам потрібно відновити історію дії (наприклад ДТП), яка відбулася якийсь час назад. Єдиним варіантом цього досягнути є отримання даних з сусідніх камер будівель, що уповільнює аналіз в кілька разів, так як не на всіх будівлях є камери, також потрібно всі ці дані співставляти.

Інша дія, якій потрібно автоматизація – збір інформації про поломку світлофора. Якщо світлофор вийшов з ладу, маючи інформацію про минулі дії і помилки в системі, тех. працівнику не складе зусиль полагодити проблему.

Для того, щоб автоматизувати роботу збору інформації, дані потрібно організувати у файлової системі. На даний час потреби в створенні бази даних немає, так як системи не є централізованою, на даний час. В подальшому, є сенс перевести зберігання інформації в БД.

На даному етапі аплікація пише два файли під час виконання, перший файл – це логування, в логуванні можна переглянути стан системи в конкретний відрізок часу, також, якщо виникнуть якісь помилки, вони миттєво запишуться в *app.log* файл, який саме й слугує для зберігання інформації. Другим

файлом є відео-файл, який записується з відеопотоку, єдина відмінність відеопотоку, від результуючого файлу є те, що на фінальному відео буде накладатися система визначення автомобілів в потоці.

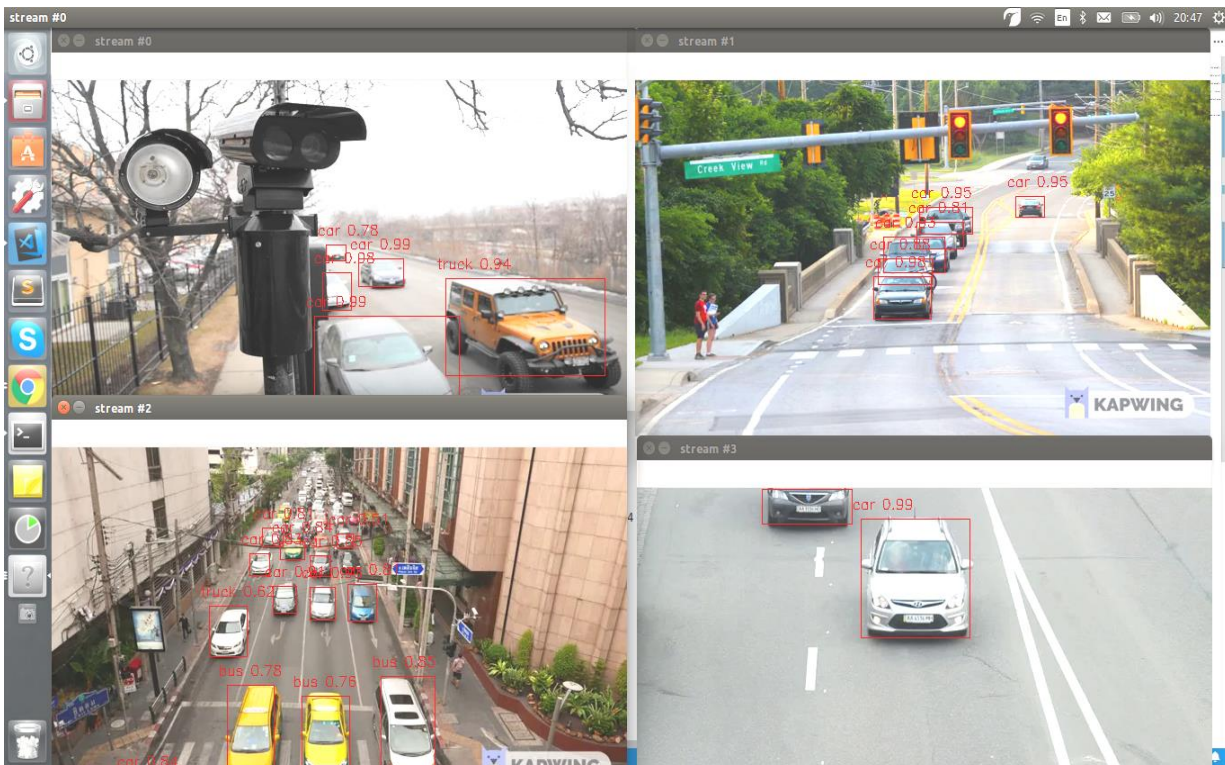


Рис. 3. Відео-файл, який записується з відеопотоку

```

controller.py  detector.py  app.log  traffic_lights.py
1  2019-05-12 21:28:43,858:INFO:
2      Green direction: x;
3      Needed time: 90;
4      Count of transport: 18;
5      Actual time: 50
6
7  2019-05-12 21:28:43,859:INFO:Directions state: {'x': 18, 'y': 8}
8  2019-05-12 21:28:43,859:INFO:
9  Visualization of crossroad state
10
11      (0)
12      |
13      x
14      |
15  (3)---o---o---o---o---o---(1)
16      |
17      x
18      |
19      (2)
20
21
22  2019-05-17 23:35:12,208:INFO:
23      Green direction: x;
24      Needed time: 90;
25      Count of transport: 18;
26      Actual time: 50
27
28  2019-05-17 23:35:12,237:INFO:Directions state: {'x': 18, 'y': 8}
29  2019-05-17 23:35:12,237:INFO:
30  Visualization of crossroad state
31
32      (0)
33      |
34      x
35      |
36  (3)---o---o---o---o---o---(1)
37      |
38      x
39      |
40      (2)
41

```

Рис. 4. Логування для системи регулювання

сторонніх предметів відключена. Як тільки автомобілі були знайдені, система спробує просумувати автомобілі відповідно до осей: x і y; пізніше визначається сторона, яка вважається більш завантаженою, прохід дозволяється завантаженій стороні, при тому з конкретним часом, який залежить від кількості автомобілів, цей час не має перевищувати максимальний час проходження. Зелене світло для одного потоку може повторитися лише 3 рази.

Створення нових інформаційних технологій має велике значення для розвитку суспільства. Вони активно перетворюють інші технології матеріального і нематеріального виробництва, в кінцевому підсумку формуючи новий стиль роботи, спосіб життя в цілому. Суть інформаційних технологій становлять методи і засоби формування та підтримки інформаційних потоків у системах управління об'єктами, у тому числі регулювання дорожнього трафіку.

Інша дія, якій потрібно автоматизація – збір інформації про поломку світлофора. Якщо світлофор вийшов з ладу, маючи інформацію про минулі дії і помилки в системі, тех. працівнику не складе зусиль полагодити проблему.

Для поточної роботи, як і у всіх програмах, є споживач (клієнт). В цьому випадку користувачем програми є державна дорожня служба / приватне підприємство. Схема доступних функцій для гостя (клієнта) зображено на рис. 5.

Загальну схему регулювального алгоритму системи розумного світлофора представлено на рис. 6.

Алгоритм визначення об'єктів на фреймі буде визначати засоби транспорту, конкретно реалізація реагує лише на автомобілі різних габаритів і мотоцикли, можливість визначення

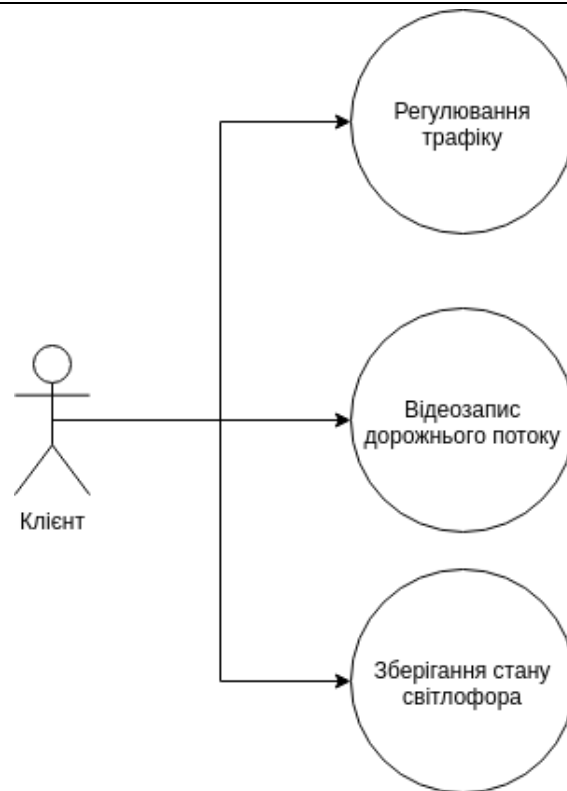


Рис. 5. Можливості користувача

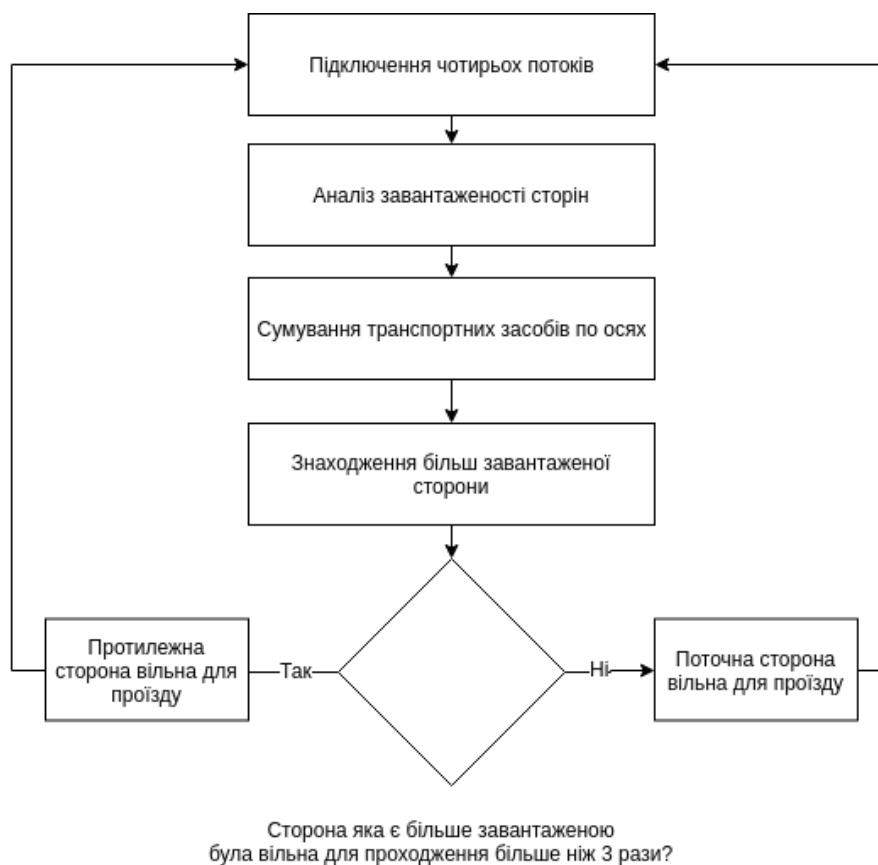


Рис. 6. Спрощена структура алгоритму системи регулювання дорожнього трафіку

Також існує алгоритм для визначення часу потрібного на проходження ділянки з світлофором він описується наступним чином: системою детекції YOLO визначається число автомобілів, які перебувають на світлофорній ділянці, в класі контролера є константа, яка відповідає за проходження автомобілів, коефіцієнт проходження множиться на кількість авто, в кінцевому результаті отримуємо час на проходження. Варто зауважити, що існує інша константа, яка вказує на максимальний час проходження, вона запобігає протяжній в часі відкритості завантаженої осі. Схема алгоритму наведена нижче



Рис. 7. Алгоритм обрахунку часу на проходження

Система також зберігає стан світлофора в конкретну ділянку часу, записуючи дані в файлову систему.

Для зберігання файлів в файловій системі не використовується жодна з обгорт, оскільки операції з файлами є простими – створення, оновлення, видалення, читання. До застосування був обраний стандартний пакет “os”.

Можливість інтеграції з іншими системами

Незначним, але потужним додатком до системи є можливість підключення модулів, які можуть слухати події, які продує контролер.

На даний момент часу таким подій не так багато, але вони можуть їхній список може збільшуватись по мірі росту самої програми, кожен слухач отримує всю інформацію про стан контролера, а остання подія й додаткову інформацію, а саме:

- вісь, яка планується бути активною для проїзду;
- обрахований час для проїзду;
- кількість транспортних засобів;
- фактичний час на проходження з урахуванням ліміту на максимальний час;
- події, які підтримуються;
- світлофор переведений в стандартний режим роботи;
- трафік з усіх сторін є однаковим;
- світлофори змінили свій стан.

На вказані події можна додати свій власний “слухач”, який буде обробляти їх. На даному етапі існує простий плагін логування даних (тобто виводу інформації на в термінал).

За основу був взятий поведінковий патерн “Спостерігач”.

Спостерігач – це поведінковий патерн проектування, який створює механізм підписки, що дає змогу одним об’єктам стежити й реагувати на події, які відбуваються в інших об’єктах.

При реалізації шаблону «спостерігач» зазвичай використовуються такі класи:

Subject – інтерфейс, що визначає методи для додавання, видалення та оповіщення спостерігачів.

Observer – інтерфейс, за допомогою якого спостережуваний об’єкт сповіщає спостерігачів.

ConcreteSubject – конкретний клас, який реалізує інтерфейс *Subject*.

ConcreteObserver – конкретний клас, який реалізує інтерфейс *Observer*.

При зміні спостережуваного об’єкту, оповіщення спостерігачів може бути реалізоване за такими сценаріями: спостережуваний об’єкт надсилає кожному із зареєстрованих спостерігачів всю потенційно релевантну інформацію (примусове розповсюдження).

Спостережуваний об’єкт надсилає кожному із зареєстрованих спостерігачів лише повідомлення про те, що інформація була змінена, а кожен із спостерігачів, за необхідності, самостійно здійснює запит необхідної інформації у спостережуваного об’єкту (розповсюдження за запитом).

Висновки

Реалізовано інформаційну систему розумного світлофора для регулювання дорожнього трафіку з використанням мультіканального способу формування даних про обстановку на перехресті. Програмний

застосунок забезпечує регулювання дорожнього трафіку за алгоритмом, який дозволяє розвантажувати напрямки руху на перехресті. Розроблено відповідну структуру додатку, що дозволяє зберігати всю потрібну інформацію та автоматизувати необхідні процеси.

Література

1. Smart-light-light-2 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://github.com/Twitwi96/Smart-traffic-light-2>.
2. Схеми основних термінів режиму регулювання [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789/28329/4/%D0%A2%D0%A1%D0%9E%D0%94%D0%94_%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_3.pdf.
3. Аналог системи розумного світлофора [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://github.com/Twitwi96/Smart-traffic-light-2>.
4. Другий аналог системи розумного світлофора [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://github.com/JayLohokare/smart-traffic-signals>.
5. Грицунов О.В. Інформаційні системи та технології : навч. посіб. для студентів за напрямом підготовки «Транспортні технології» / О. В. Грицунов ; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ.
6. Павлиш В.А. Основи інформаційних технологій і систем : навчальний посібник / Павлиш В.А., Гліненко Л.К. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 500 с.
7. Обробка геофізичних сигналів у сучасних автоматизованих комплексах : навчальний посібник / [В.А. Кирилук, М.Ф. Пічугін, О.А. Машков та ін.]. – Житомир : ЖВІРЕ, 2007. – 176 с.
8. Reinelt, Gerhard (1992). Fast heuristics for large geometric traveling salesman problems. *ORSA Journal on computing*, 4:206-217.
9. Годун В.М. Інформаційні системи і технології в статистиці : навч. посіб. / В.М. Годун, Н.С. Орленко, М. А. Сендзюк ; за ред. В.Ф. Ситника. – К. : КНЕУ, 2003. – 267 с.
10. Hemming R. V. Theory of coding and theory of information. M.: Radio & communication, 1983. 176 p.
11. Patrick E. Fundamentals of the theory of pattern recognition. Moscow: Sov. radio, 1980.
12. Lainiotis D.G. A Class of Upper Bounds on Probability of Error for Multi-Hypotheses Pattern Recognition. *IEEE Transaction on Information Theory*, IT-15, № 5, 1969.

References

1. Smart-light-light-2 [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://github.com/Twitwi96/Smart-traffic-light-2>.
2. Skhemy osnovnykh terminiv rezhymu rehuliuвання [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : http://ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789/28329/4/%D0%A2%D0%A1%D0%9E%D0%94%D0%94_%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_3.pdf.
3. Analoh systemy rozumnoho svitlofora [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://github.com/Twitwi96/Smart-traffic-light-2>.
4. Druhyi analoh systemy rozumnoho svitlofora [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://github.com/JayLohokare/smart-traffic-signals>.
5. Hrytsunov O.V. Informatsiini systemy ta tekhnolohii : navch. posib. dlia studentiv za napriamom pidhotovky «Transportni tekhnolohii» / O. V. Hrytsunov ; Khark. nats. akad. misk. hosp.-va. – Kh. : KhNAMH.
6. Pavlysh V.A. Osnovy informatsiinykh tekhnolohii i system : navchalnyi posibnyk / Pavlysh V.A., Hlinenko L.K. – Lviv : Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2013. – 500 s.
7. Obrobka heofizychnykh syhnaliv u suchasnykh avtomatyzovanykh kompleksakh : navchalnyi posibnyk / [V.A. Kyryliuk, M.F. Pichuhin, O.A. Mashkov ta in.]. – Zhytomyr : ZhVIRE, 2007. – 176 s.
8. Reinelt, Gerhard (1992). Fast heuristics for large geometric traveling salesman problems. *ORSA Journal on computing*, 4:206-217.
9. Hodun V.M. Informatsiini systemy i tekhnolohii v statystytsi : navch. posib. / V.M. Hodun, N.S. Orlenko, M. A. Sendziuk ; za red. V.F. Sytnyka. – K. : KNEU, 2003. – 267 s.
10. Hemming R. V. Theory of coding and theory of information. M.: Radio & communication, 1983. 176 p.
11. Patrick E. Fundamentals of the theory of pattern recognition. Moscow: Sov. radio, 1980.
12. Lainiotis D.G. A Class of Upper Bounds on Probability of Error for Multi-Hypotheses Pattern Recognition. *IEEE Transaction on Information Theory*, IT-15, № 5, 1969.

Рецензія/Peer review : 14.10.2020 р.

Надрукована/Printed : 04.11.2020 р.