

# ТЕХНІЧНІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-5-81-25>

УДК 656.05

Билощицький А.А., Мирошніченко Е.М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

## ОПТИМИЗАЦІЯ ДОРОЖНОГО ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ИОТ

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные принципы мониторинга дорожного трафика. Основой информационных системы мониторинга дорожного движения является визуальные наблюдатели и датчики дорожно-транспортных параметров. Существующие на данный момент системы и их трафик-сенсоры показывают неудовлетворительные результаты в условиях интенсивного движения транспортных средств (ТС), парковки ТС на полосе движения, визуального перекрытия ТС трафик-сенсора и при движении ТС между полос. В целях оптимизации дорожного трафика больших городов было решено разработать компактную микропроцессорную систему определения интенсивности движения автотранспорта модуляционного типа. Основой информационной системы мониторинга дорожного движения был избран датчики Холла и микропроцессорный контроллер – Arduino Pro Mini. В статье предложено аппаратную реализацию опытного образца и варианты будущих реализаций контроллеров для определения интенсивности движения автотранспорта с последующим объединением отдельных датчиков в единую экосистему оптимизации движения в мегаполисах с помощью средств ИОТ.

**Ключевые слова:** мониторинг движения транспортных средств, оптимизация дорожного трафика, ИОТ.

Biloshchytskyi Andrii, Myroshnychenko Yehor

Taras Shevchenko National University of Kyiv

## OPTIMIZATION OF ROAD TRAFFIC USING IOT MEANS

**Summary.** The article discusses the basic principles of monitoring traffic and proposed a system architecture using Hall sensors to collect primary information about the movement of vehicles. The basis of the information system of traffic monitoring are visual observers and sensors of road transport parameters. The functionality of the entire information system depends to a large extent on their functionality and data reliability. Modern traffic control systems are based on zonal controllers (ZC), which consist of a sensor for obtaining primary traffic information and microprocessor pre-processing units. Most often use optical and ultrasound sensors, magnetic gates, video surveillance systems. Existing traffic-sensors of foreign production show unsatisfactory results in conditions of intensive traffic of vehicles (TV), parking TV in the traffic lane, the visual overlap of TV traffic sensor and moving TV between bands. This leads to a premature transition of the TV to the functional state of "jamming", and a significant reduction in the informativity of the system. The purpose of the work is to develop a ZC that could offset all the above-mentioned shortcomings. Each vehicle has metal elements in its body and, in its movement, it will in one way or another affect the magnetic field of the Earth. Analyzing the perturbation of the magnetic field caused by the movement of the object with ferromagnetic elements (vehicle with steel and iron parts) over magnetic field sensors and measuring the delay between the moments of operation of two sensors can determine the average speed of the object. An experimental sample was developed for experimental verification of the above-described method for collecting primary information. To fix the magnetic field changes associated with the transport of a vehicle, a pair of digital magnetic three-coordinate compasses operating on the Hall effect were selected and have the ability to auto-calibrate to account for the magnetic deviation. The article suggests the hardware implementation of a prototype and options for future implementations of controllers for determining the intensity of vehicle traffic with the subsequent integration of individual sensors into a single ecosystem for optimizing traffic in megacities using IOT tools.

**Keywords:** vehicle traffic monitoring, traffic optimization, IOT.

**Постановка проблеми.** Учитывая быстрые темпы роста автомобильного трафика, актуальным является вопрос мониторинга транспортного движения для эффективной оценки проблемных участков трассы, получение оперативной дорожно-транспортной информации, управления движением в мегаполисах, регулирования продолжительности светофорных тактов и своевременного включения информационных знаков.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Основой информационной системы мониторинга дорожного движения является визуальные наблюдатели и датчики дорожно-транспортных параметров. От их функциональных возможностей и достоверности данных во многом зависит эффективность работы всей информационной системы. Современные системы

контроля дорожного трафика базируются на зональных контроллерах (ЗК), которые состоят из датчика для получения первичной информации о движении транспортных средств и микропроцессорного блока предварительной обработки данных [1]. Чаще всего используют оптические и ультразвуковые датчики, магнитные ворота, системы видеонаблюдения [2]. Существующие трафик-сенсоры иностранного производства показывают неудовлетворительные результаты в условиях интенсивного движения транспортных средств (ТС), парковки ТС на полосе движения, визуального перекрытия ТС трафик-сенсора и при движении ТС между полос. Это приводит к преждевременному переходу ЗК к функциональному состоянию «пробка», и значительного снижения информативности системы. Целью ра-

Таблица 1

Сравнительная таблица существующих методов мониторинга интенсивности движения

Существующие решения	Оптические датчики	Ультразвуковые датчики	Индуктивные ворота	Видеонаблюдение
<b>Проблемы</b>				
Многополосное движение	Схема с пересечением луча (при многорядном движении невозможно выполнить количественную оценку, определить направление движения и скорость автомобиля).	Схема с пересечением луча (при многорядном движении невозможно выполнить количественную оценку, определить направление движения и скорость автомобиля).	Нецелесообразно и дорого установка ворот при многорядном движении (невозможно выполнить количественную оценку, определить направление движения и скорость автомобиля).	Проблема решается увеличением количества камер, или особым настройкам программного обеспечения, соответственно влияет на стоимость системы в целом.
Грязь	Отражение луча от днища автотранспорта может не происходить через грязь и наличие масляных покрытий на нем.	Невозможно защитить активный элемент от грязи, потому что он должен всегда быть открытым.	Никак не влияет на функционирование магнитных ворот.	Есть вероятность загрязнения камер наблюдения.
Стоимость	Умеренная цена.	Умеренная цена.	Дорогое решение, не вандалоустойчивое решение.	Высокая стоимость, по большей степени из-за программного обеспечения.

боты является разработка ЗК который мог бы нивелировать все вышеперечисленные недостатки.

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Для поиска оптимального решения для фиксации движения автомобилей, были проанализированы существующие на данный момент системы контроля дорожного движения [3; 4], которые используют различные физические эффекты и соответствующие датчики для сбора первичной информации. В таблице 1 приведен сравнительный анализ базовых особенностей наиболее распространенных методов мониторинга интенсивности движения.

Анализ существующих систем мониторинга показывает, что слабым местом таких систем является именно датчики/способы которыми детектируется движение. Поэтому, основной задачей при создании новых систем контроля дорожного

движения является выбор эффективного метода фиксации движения транспортного средства.

**Цель статьи.** В целях оптимизации дорожного трафика крупных городов, была разработана малогабаритная микропроцессорная система определения интенсивности движения автотранспорта модуляционного типа. Устройство относится к области автоматизированных систем оптимизации контроля дорожного движения. Целью разработки является создание информационной системы мониторинга дорожного движения на базе обработки данных полученных благодаря чувствительным сенсорам магнитного поля (датчикам Холла [5]). Устройство представляет собой моноблочную конструкцию, которая содержит микропроцессорный контроллер – Arduino Pro Mini [6], два магнитных датчика и двунаправленный выход для связи с сервером (рис. 1).

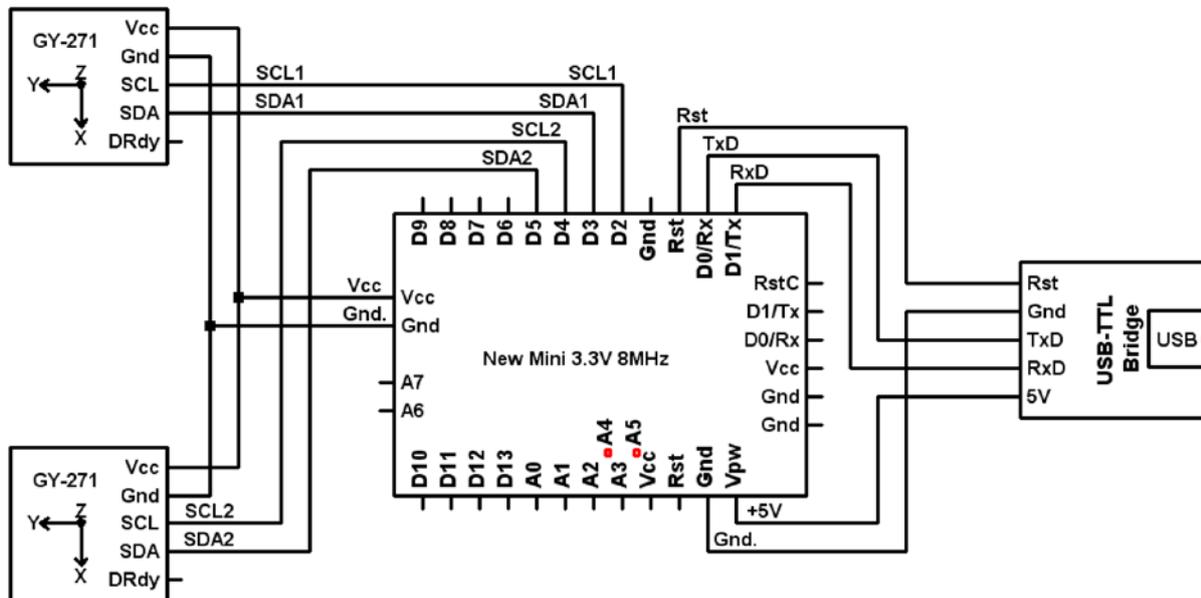


Рис. 1. Схема электрическая-принципиальная зонального контроллера

Анализируя возбуждения магнитного поля вызванного перемещением объекта с ферромагнитными элементами (транспортного средства со стальными и железными деталями) над сенсорами магнитного поля и измеряя задержку между моментами срабатывания двух сенсоров (рис. 2) можно определить усредненную скорость движения объекта:

$$V = \frac{\Delta L}{\Delta t}, \quad (1)$$

- $\Delta L$  – расстояние между сенсорами S0 и S1;
- $\Delta t$  – разница во времени срабатывания сенсоров.

Регистрируя профиль изменения возбуждения магнитного поля во времени над одним дат-

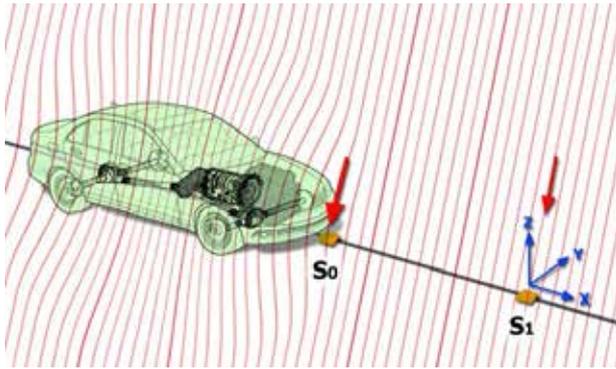


Рис. 2. Схема измерения скорости транспортного средства

чиком, и зная скорость движения объекта – V, можно определить длину объекта и направление движения:

$$X = V * (t_{end} - t_{start}), \quad (2)$$

- $t_{end}$  – время окончания возбуждения;
- $t_{start}$  – время начала возбуждения.

В дальнейшем планируется объединение таких редких контроллеров в единую систему мониторинга состояния дорожного движения для обработки и своевременного управления светофорными режимами. К идеям по улучшению данного зонального контроллера можно отнести:

- оснащение зонального контроллера беспроводным модулем Bluetooth и Li-ion-аккумулятором (рис. 3);
- обеспечение питания системы за счет добавления солнечных батарей (рис. 4);
- оснащение зонального контроллера WiFi модулем и выходом Ethernet (рис. 5).

Представленная схема позволяет сохранять полученные данные в память носителя, или отправлять их через канал Bluetooth и все это без участия ПК.

В представленной схеме рассматривается возможность функционирования системы за счет солнечной батареи [7]. Эта идея очень интересна и выгодна, так как использование альтернативной энергии не только экономит ресурсы, оставшиеся в мире, но также помогает конечному продукту быстрее выходить на самоокупаемость.

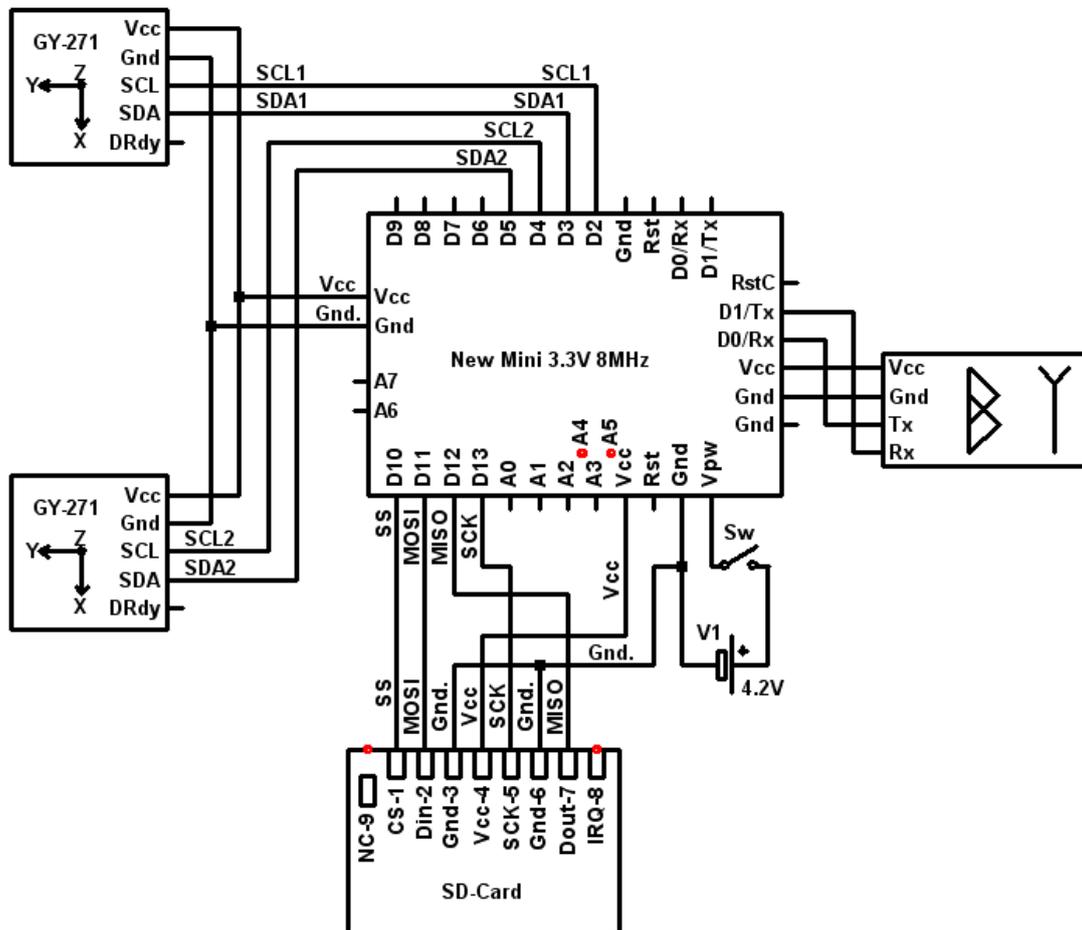


Рис. 3. Схема зонального контроллера с SD-картой, беспроводным адаптером Bluetooth и Li-ion-аккумулятором

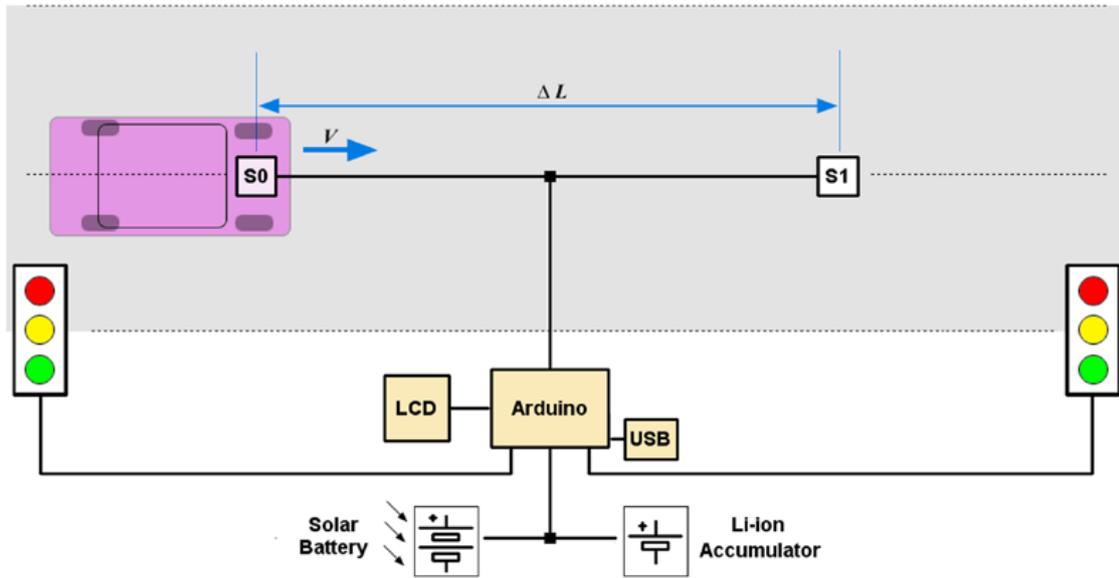


Рис. 4. Схема микропроцессорной системы регистрации движения автотранспорта на питании от солнечной батареи

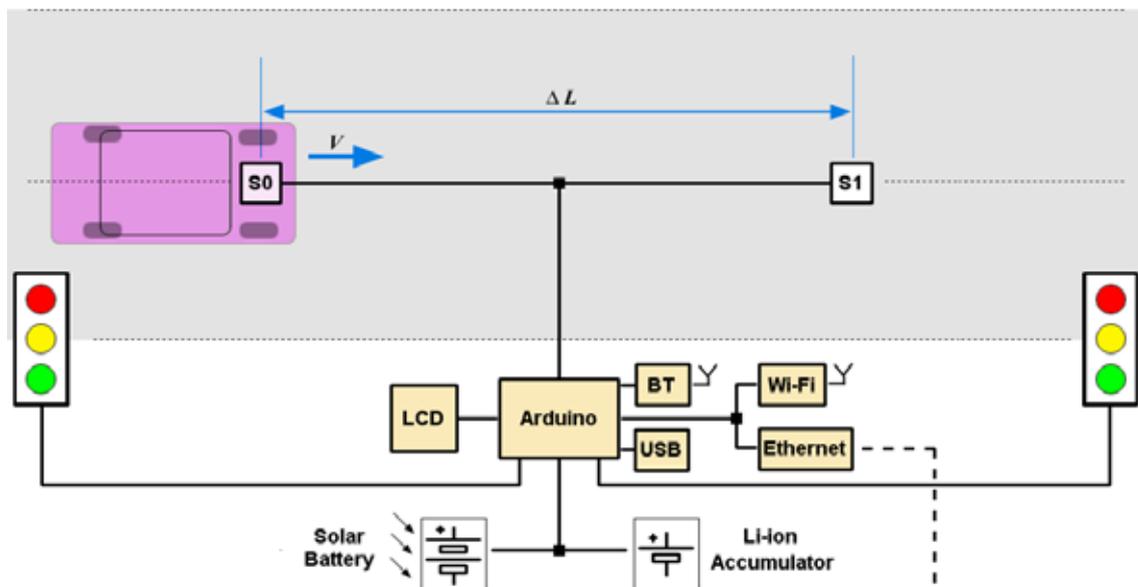


Рис. 5. Схема микропроцессорной системы регистрации движения автотранспорта на базе беспроводной передачи данных

Метод оптимизации расчёта сдвига объекта можно описать следующим образом:

- инициализируется цифровой интерфейс для двух сенсоров;
- инициализируется каждый из сенсоров на конкретный режим измерения (чувствительность, частота опроса, способ усреднения);
- проводится измерения магнитного поля по трем координатам каждого из сенсоров для дальнейшего исключения постоянной (неизменной) составляющей магнитного поля;
- инициализирующий начальные значения для процедуры усреднения и исключения постоянной составляющей магнитного поля;
- Далее в бесконечном цикле выполняется последовательность следующих операций:
- Измеряется магнитное поле с трех координатах для двух сенсоров ( $x_i, y_i, z_i$ ).

- Для каждого сенсора по каждой координате исчисляется отклонения от текущего среднего значения ( $\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i$ ).

- Вычисляется абсолютная величина (модуль) отклонения по каждой координате для обоих сенсоров ( $|\Delta x_i|, |\Delta y_i|, |\Delta z_i|$ ).

- Среди отклонений по трем координатам X, Y, Z вычисляется максимум для каждого сенсора. Этот максимум характеризует величину возмущения для данного сенсора ( $|\Delta x_{i_{max}}|, |\Delta y_{i_{max}}|, |\Delta z_{i_{max}}|$ ).

- Величина измеренного возбуждения по каждому сенсору передается для дальнейшей обработки.

Процедура вычисления среднего и отклонения от него использует следующую рекуррентную схему:

$$\bar{X}_i = \bar{X}_{i-1} \cdot \left(1 - \frac{1}{N}\right) + \frac{x_i}{N} \text{ - текущее среднее значение, (3)}$$

Здесь:

$N$  – длина интервала усреднения;

$x_i$  – текущее значение измеряемой величины.

Для определения отклонения от среднего значения можно использовать следующую формулу:

$$\Delta x_i = x_i - \bar{X}_i, (4)$$

В качестве исходного значения для среднего значения берется начальное значение измеряемой величины –  $\bar{X}_0 = x_0$ .

При численной реализации алгоритма, для исключения операций умножения и деления, требующие большой загрузки процессора, удобнее перейти к модифицированной схеме  $\bar{X}_i = \bar{X}_i \cdot N$  соответственно:

$$\bar{X}_i = \frac{\bar{X}_i}{N} - \text{истинное среднее};$$

$$\bar{X}_i = \bar{X}_{i-1} - \bar{X}_{i-1} + x - \text{модифицированное среднее.}$$

Легко увидеть, что это исходное уравнение для среднего умноженное на  $N$ :

$$\bar{X}_i \cdot N = \left( \bar{X}_{i-1} \cdot \left( 1 - \frac{1}{N} \right) + \frac{x_i}{N} \right) \cdot N = \bar{X}_{i-1} \cdot N - \bar{X}_{i-1} + x_i, (5)$$

Кроме того, если в качестве  $N$  выбрать число кратное степени 2, то есть  $N = 2^p$ , то операции

умножения и деления на  $N$  можно заменить на операции сдвига двоичных разрядов. Распределение – сдвиг влево  $X \gg P$ , умножение – сдвиг вправо  $X \ll P$ . Данные вычисления производятся для измерений по каждой оси координат.

Этот алгоритм усреднения и реализован в предлагаемом методе оптимизации дорожного трафика с использованием средств ИОТ.

**Выводы и рекомендации.** Следовательно, при реализации метода мониторинга, описанного в данной работе важную роль, играют именно методы хранения и обработки информации. Для реализации системы оптимизации дорожного трафика в городе необходимо совместить каждый обособленный контроллер в единую экосистему ИОТ, которая могла оперативно получать и обрабатывать данные, и соответственно, на базе полученных расчетов управлять светофорными тактами в городах. Все эти процессы должны выполняться очень быстро, так как информация считана из контроллеров актуальна только незначительный промежуток времени. Более того, система должна работать слаженно, так как это напрямую влияет на сохранение человеческой жизни. Все эти требования в полной мере покрываются возможностями ИОТ!

## Список литературы:

1. R. S. Ju, A. R. Cook, & T. H. Maze. "Techniques for managing freeway traffic congestion," *Transportation Quarterly*, 1987, vol. 41, no. 4, pp. 519–537.
2. S. A. Ahmed, "Urban freeway traffic management technology". URL: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-947X%281986%29112%3A4%28369%29> (дата звернення: 24.05.2020).
3. *Journal of Transport Engineering*, 1986, vol. 112, no. 4, pp. 369–371.
4. Monitoring avtomobilnykh dorog [Road monitoring]. URL: <http://gt.madi.ru/gis/monitoring-avtomobilnykh-dorog> (дата звернення: 24.05.2020).
5. Sistemy dorozhnogo monitoringa. Intellektualnaya transportnaya sistema [Road monitoring systems. Intelligent transport system]. URL: <https://bit.ly/2VJNqXa> (дата звернення: 24.05.2020).
6. Датчики магнитного поля. Новые применения и технологии измерения движения и тока. URL: [www.ecworld.ru/media/bip/pdfs/sysoeva\\_ct311.pdf](http://www.ecworld.ru/media/bip/pdfs/sysoeva_ct311.pdf) (дата звернення: 24.05.2020).
7. «ARDUINO. VYMIUEMO MAGNITNE POLE ZEMLI MAGNITOMETROM HMC5883L [ARDUINO MEASURING THE MAGNETIC FIELD OF THE EARTH MAGNETOMETER HMC5883L]». URL: <https://bit.ly/2UTRtDv> (дата звернення: 24.05.2020).
8. Основні альтернативні джерела енергії. *Ekologi*. 2019. URL: <https://sites.google.com/site/ekologicom/k6nrknrk> (дата звернення: 24.05.2020).
9. Zbir i obrobka danykh IoT. Varto li vprovadzhuvaty i yak tse zrobyty efektyvno. // DIS Group. 2018. URL: <https://dis-group.ru/company-news/articles/obrobka-dannyh-iot-kak-eto-sdelat-effektivno/> (дата звернення: 24.05.2020).

## References:

1. R.S. Ju, A.R. Cook, & T.H. Maze (1987). "Techniques for managing freeway traffic congestion," *Transportation Quarterly*, vol. 41, no. 4, pp. 519–537.
2. S.A., Ahmed. Urban freeway traffic management technology. URL: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-947X%281986%29112%3A4%28369%29> (accessed: 05.24.2020).
3. *Journal of Transport Engineering*, 1986, vol. 112, no. 4, pp. 369–371.
4. Monitoring avtomobilnykh dorog [Road monitoring]. URL: <http://gt.madi.ru/gis/monitoring-avtomobilnykh-dorog> (accessed: 05.24.2020).
5. Sistemy dorozhnogo monitoringa. Intellektualnaya transportnaya sistema [Road monitoring systems. Intelligent transport system]. URL: <https://bit.ly/2VJNqXa> (accessed: 05.24.2020).
6. Datchyky mahnitnoho polia. Novi zastosuvannia i tekhnolohii vymiriuvannia rukhu i strumu. URL: [www.ecworld.ru/media/bip/pdfs/sysoeva\\_ct311.pdf](http://www.ecworld.ru/media/bip/pdfs/sysoeva_ct311.pdf) (accessed: 05.24.2020).
7. ARDUINO. VYMIUEMO MAGNITNE POLE ZEMLI MAGNITOMETROM HMC5883L. [ARDUINO MEASURING THE MAGNETIC FIELD OF THE EARTH MAGNETOMETER HMC5883L]. URL: <https://bit.ly/2UTRtDv> (accessed: 05.24.2020).
8. Osnovni alternatyvni dzherela enerhii. *Ekologi*. 2019. URL: <https://sites.google.com/site/ekologicom/k6nrknrk> (accessed: 05.24.2020).
9. Zbir i obrobka danykh IoT. Varto li vprovadzhuvaty i yak tse zrobyty efektyvno. DIS Group. 2018. URL: <https://dis-group.ru/company-news/articles/obrobka-dannyh-iot-kak-eto-sdelat-effektivno/> (accessed: 05.24.2020).