

## РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ СВЕТОФОРНОГО ОБЪЕКТА

## EXPANDING THE FUNCTIONALITY OF A TRAFFIC LIGHT OBJECT

**U. Kazakova**  
**L. Makukha**  
**B. Romanova**  
**A. Sidorov**

*Summary.* A pedestrian crossing is a place of increased danger. The article substantiates the need to optimize the means of traffic light regulation. The ways of improving the traffic light facility are proposed, which will increase the capacity and safety of the road section of the city network through adaptive regulation, classification of pedestrians and informing traffic participants about the amount of time before switching traffic signals.

*Keywords:* pedestrian crossing, smart traffic light, microcontroller, traffic management, traffic safety, traffic flow, traffic congestion.

**Казакова Ульяна Викторовна**

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»  
 utnilka33@gmail.com

**Макуха Любовь Витальевна**

Старший преподаватель, ФГАОУ ВО «Сибирский  
 федеральный университет»  
 makuha\_lv@mail.ru

**Романова Богдана Борисовна**

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»  
 rb20122000@mail.ru

**Сидоров Анатолий Юрьевич**

Старший преподаватель, ФГАОУ ВО «Сибирский  
 федеральный университет»  
 asidorov@sfu-kras.ru

*Аннотация.* Пешеходный переход является местом повышенной опасности. В статье обосновывается необходимость оптимизации средств светофорного регулирования. Предложены способы усовершенствования светофорного объекта, которые позволят повысить пропускную способность и безопасность дорожного участка сети города за счет адаптивного регулирования, классифицирования пешеходов и информирования участников движения о количестве времени до переключения сигналов светофора.

*Ключевые слова:* пешеходный переход, умный светофор, микроконтроллер, управление транспортными потоками, безопасность дорожного движения, транспортный поток, дорожный затор.

**Р**езкий рост автотранспортного парка и объема перевозок в городах привел к интенсивному увеличению загруженности транспортных сетей и как следствие, к увеличению количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП), числа задержек транспорта и ухудшению состояния окружающей среды [1].

Заторы, вызванные перегруженностью транспортных сетей, становятся ежедневной проблемой для разных слоев населения. Данная проблема приводит к экономическим и временным потерям, а также негативно сказывается на окружающей среде из-за большего объема выхлопных газов, выделяемых в атмосферу.

Одним из способов снижения нагрузки на транспортную сеть является внесение изменений в инфраструктуру города. Однако такой способ требует значительных временных и финансовых затрат.

Повторное использование существующей инфраструктуры, с использованием автоматизированных систем управления дорожным движением и современных методов управления трафиком, будет способствовать

минимизированию нагрузки на транспортную сеть, а также создаст более благоприятные и безопасные условия для передвижения пешеходов. Это обуславливает разработку новых методов повышения эффективности контроля трафиком. В данном направлении наиболее перспективными следует считать автоматизированные подходы к управлению движением.

Технологический прогресс неизбежен, ведь человек с каждым днем стремится к «городу будущего». На данный момент проводятся многочисленные работы по разработке и улучшению беспилотных автомобилей большим количеством компаний — от небольших IT-стартапов до гигантов автопрома [2], с целью сделать передвижение безопасным. Для того чтобы получить максимум от беспилотных транспортных средств, однозначно необходимо иметь оборудованную инфраструктуру. Автомобили уже научились общаться со светофорами и остальными участниками движения. Такая технология связи между транспортом и инфраструктурой называется vehicle to infrastructure (V2I) — двунаправленный беспроводной обмен данными между дорожной инфраструктурой и транспортными средствами.

Передача информации происходит от разметки полос движения, дорожных знаков, светофоров к транспортному средству и наоборот [3].

Для усовершенствования инфраструктуры уже были придуманы новые идеи технологий, которые можно было бы ввести в эксплуатацию:

- ◆ дорожная разметка, которая работает с автоматизированными датчиками транспортных средств для обнаружения линий разметки. За счет этого автомобиль всегда будет знать свое положение относительно линий разметки при любых погодных условиях. На данный момент, в Нидерландах на дорожном шассе применяют альтернативное решение — использование светящейся в темноте дорожной разметки. Маркировка выполнена краской, содержащей светящийся порошок, который «заряжается» в течение дня [4];
- ◆ светоотражающие дорожные знаки, которые видны при любой погоде водителям и автоматизированным системам транспортных средств;
- ◆ точки беспроводной связи, которые будут уведомлять транспортное средство, например, о зонах ДТП или строительных зонах, тем самым корректируя транспортный поток, его мобильность и безопасность;
- ◆ усовершенствованное дорожное покрытие с датчиками, которые будут определять скорость, направление и плотность автомобильного потока. Так же данное покрытие будет реагировать на различного рода опасные ситуации: ДТП или превышение скорости;

В настоящее время уже используются V2I-технологии в разных зарубежных странах:

- ◆ приложение, информирующее водителя о текущем состоянии фаз светофора, о количестве времени, оставшемся до переключения сигнала;
- ◆ приложение, которое показывает заполненность, стоимость и местонахождение стоянки;
- ◆ система, контролирующая ситуацию выезда автомобиля на перекресток при запрещенном сигнале светофора или нарушении знака «стоп»;
- ◆ предупреждения об отсутствии возможности проезда автомобиля по участку дороги, основываясь на его габаритах;

В России также есть некоторые технологии V2I. Самая известная это государственная система ЭРА-ГЛОНАСС. Она была разработана для того, чтобы экстренные службы получили возможность максимально быстро реагировать на автомобильные аварии и другие происшествия. Благодаря внедрению этой системы, врачи, пожарные или спасатели стали значительно быстрее получать информацию об инциденте и прибывать на место

ДТП, что позволило снизить уровень смертности и травматизма. При аварии срабатывают датчики, установленные в автомобиле. Современные системы фиксируют боковые столкновения, задние и передние удары, а также перевороты транспортного средства. После срабатывания датчиков терминал ЭРА-ГЛОНАСС осуществляет вызов по мобильной сети. Для таких экстренных вызовов был выделен отдельный диапазон кодов (от 941 до 949) [5].

В нескольких городах России установлены умные светофоры японской компании Kyosan Electric. В результате установки данной системы пробки сократились на 20–30%, а аварии на перекрестках с участием детей сократились на 100% [6].

Разработку новых идей и технологий необходимо производить и для светофорных объектов. При анализе систем светофорного регулирования были выделены следующие направления в усовершенствовании светофорных объектов.

## 1. Адаптивное регулирование

Такой метод регулирования транспортного потока имеет значение только на участках дорог с периодической нагрузкой, например, в часы пик. При постоянной загруженности дороги светофорному объекту не к чему будет адаптироваться. Основой такой оптимизации дорожного движения являются регулярно обновляемые данные о транспортной обстановке, получаемые с датчиков, камер, установленных в пределах дорожной сети. На основе получаемой информации могут применяться следующие меры:

- ◆ организация реверсивного движения;
- ◆ адаптивное регулирование перекрестков;
- ◆ координированное управление сети перекрестков;
- ◆ назначение рекомендуемой скорости движения [7].

## 2. Классифицирование участников движения

Инфраструктура некоторых городов уже приспособлена к определению таких параметров как, плотность потока, габариты и скорость отдельных автомобилей. Также можно приспособить инфраструктуру к определению наличия пешеходов у светофорного объекта, их количества, возраста и физических особенностей. Например, для того чтобы перейти дорогу пожилому человеку потребуется чуть больше времени, чем молодому, поэтому и зеленый сигнал светофора нужно включать на большее количество секунд.

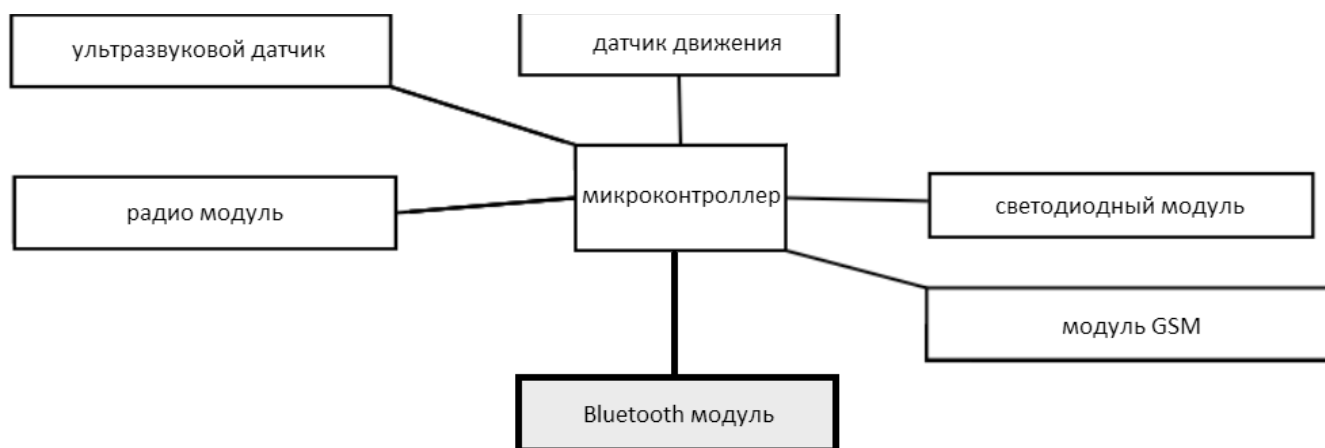


Рис. 1. Структурная схема «умный светофор» с Bluetooth модулем

### 3. Взаимодействие светофорного объекта с участниками движения

Большинство GPS-навигаторов транслируют загруженность дороги в реальном времени. Основываясь на этой информации, участники дорожного движения принимают решение о том, по какому маршруту следовать, что отчасти сглаживает поток. Если у участников движения будет информация о том, через какое количество времени произойдет переключение сигналов светофора, то регулируя свою скорость, они могут с большей вероятностью преодолевать светофор на разрешающий сигнал.

Виды взаимодействий:

- ◆ Светофор-Пешеход. При данном виде взаимодействия светофор передает информацию о своем местоположении и о времени, через которое произойдет смена сигналов, на личное устройство пешехода.
- ◆ Светофор-Транспортное средство. При данном виде взаимодействия каждый светофор передает информацию GPS-навигатору о своем местоположении и о времени, через которое произойдет смена сигналов светофора.
- ◆ Светофор-Другая «умная электроника». При данном виде взаимодействия каждый светофор передает информацию о своем местоположении и о времени, через которое произойдет смена сигналов светофора умному устройству, например, роботу-курьеру для построения маршрута с минимальным количеством остановок.

Таким образом, целью данной работы является модернизация уже существующей автоматизированной системы контроля и управления пешеходным переходом.

В 2020 году был разработан макет светофора и программа управления макетом. Данный макет имеет несколько особенностей:

- ◆ макет ориентирован не на автомобильный поток, а на пешеходов, находящихся около пешеходного перехода;
- ◆ решения о переключении сигналов светофор принимает самостоятельно, основываясь на показаниях датчиков, установленных на корпусе каждого светофора;
- ◆ между парой светофоров нет физической связи. Передача данных происходит посредством радио-модуля, но для реальной модели светофора необходимо использовать модуль беспроводной связи высокой надежности и допустимого диапазона радиосвязи;

Такой взгляд на проблему помогает избежать ситуаций, когда зеленый сигнал светофора включен для пешеходов, а пешеходов нет. Вследствие чего пешеходный переход пустует, а в это время на дороге образуется затор. А также поможет уменьшить количество проводов.

Для реализации информирования пешехода о том, через какой период времени произойдет переключение сигнала светофора, необходимо настроить связь между светофорным объектом и личным устройством пешехода. Личным устройством пешехода будем считать смартфон.

Существует несколько способов подключения смартфона к микроконтроллеру Arduino:

- ◆ через USB-кабель;
- ◆ с помощью Bluetooth-модуля;
- ◆ с помощью домашней сети и Ethernet shield/Wi-fi shield;
- ◆ через инфракрасные сигналы;

Для настройки связи между смартфоном и светофорным объектом следует использовать самый простой вариант — подключение с помощью Bluetooth-модуля.

Модуль HC-06 — беспроводной модуль для приема/передачи данных в Arduino проектах по протоколу Bluetooth имеет следующие характеристики:

- ◆ Поддерживает работу с любым USB Bluetooth адаптером;
- ◆ Скорость передачи данных: 9600 бит/сек;
- ◆ Встроенная антенна;
- ◆ Радиус действия до 10 метров.

Для разработки макета эти характеристики являются достаточными.

Необходимо внести корректировки в схему светофорного объекта. Структурная схема «умный светофор» с Bluetooth модулем представлена на рисунке 1.

Принцип работы блока программы управления светофорным объектом с Bluetooth: происходит постоянный поиск устройств для подключения Bluetooth-модулем, встроенным в корпус светофорного объекта. После

нахождения устройства, Bluetooth-модуль делает запрос к основной управляющей программе и получает данные о текущем состоянии сигналов светофора и дальнейшем режиме работы. Как только данные получены, он управляет их на личное устройство пешехода.

Каждый «умный светофор» будет отмечен на интерактивной карте в приложении «easy-go» [8] на личном устройстве пешехода специальной иконкой. При подключении к такому светофору, приложение начнет транслировать пешеходу информацию о том, какой сигнал светофора активен на данный момент и время, оставшееся до переключения сигналов светофора. Таким образом, пешеход сможет скорректировать скорость своего движения и поймать «зеленую волну» на светофоре.

Недостатком данной разработки является принцип работы Bluetooth-модуля: при первом сопряжении по протоколу Bluetooth необходимо подтверждение от пешехода путем нажатия на кнопку, что является неудобным. Но, как только пешеход впервые преодолеет однотипный маршрут, например, «работа-дом-работа», недостаток будет неочевиден.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Судаков В.С., Старков С.С., Колупаева И.А. Международный семинар «Устойчивое развитие городских транспортных систем: вызовы и возможности»: Изд. Энергия, 2013. 232с.
2. Как устроены беспилотные автомобили и кто их делает [Электронный ресурс]. URL: <https://mag.auto.ru/article/selfdrivingsetup/> (дата обращения 15.02.2022)
3. Что такое связь между транспортным средством и инфраструктурой (V2I) и зачем она нам нужна? [Электронный ресурс]. URL: <https://urlog.ru/o0m95f>
4. 5 интеллектуальных дорожных технологий будущего [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hongkiat.com/blog/smart-road-technologies/> (дата обращения 15.02.2022)
5. Как устроена и работает система ЭРА-ГЛОНАСС [Электронный ресурс]. URL: <https://eraglonass.ru/kak-ustroena-i-kak-rabotaet-sistema-era-glonass/>
6. В России появятся «умные» японские светофоры [Электронный ресурс]. URL: <https://news.drom.ru/66973.html>
7. Инновационное решение для адаптивного регулирования светофорных объектов [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/c88Mw>
8. Сервис для поиска маршрутов для людей с ограниченными возможностями [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46695991&pff=1>

© Казакова Ульяна Викторовна ( [umnilka33@gmail.com](mailto:umnilka33@gmail.com) ), Макуха Любовь Витальевна ( [makuha\\_lv@mail.ru](mailto:makuha_lv@mail.ru) ), Романова Богдана Борисовна ( [rb20122000@mail.ru](mailto:rb20122000@mail.ru) ), Сидоров Анатолий Юрьевич ( [asidorov@sfu-kras.ru](mailto:asidorov@sfu-kras.ru) ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»