

УДК 656.13.08

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИНФОРМИРОВАНИЯ ПЕШЕХОДОВ ОБ ОПАСНОСТИ НА ДОРОГЕ ПРИ ПОМОЩИ КООПЕРАТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

**Бачманов Максим Дмитриевич.** Главный специалист  
АО «МОСТОТРЕСТ-СЕРВИС» Россия, 121087, Москва, ул. Барклая, 6, с. 5,  
[bachmanoff.maxim@yandex.ru](mailto:bachmanoff.maxim@yandex.ru)

**Аннотация.** Разработка алгоритма для информирования участников дорожного движения о риске возникновения ДТП и других возможных опасностях, в частности, эффективного информирования пешеходов о возможной опасности со стороны транспортных средств через устройства мобильной связи, произведена в связи с отсутствием теоретических и прикладных работ по данной проблематике на фоне развития и популяризации кооперативных систем управления. Работа включает разработку алгоритма определения пути следования пешеходов и построение концепции динамических географических зон участников движения.

**Ключевые слова.** Кооперативные системы; V2V; V2I; V2P; безопасность пешеходов; информационные системы.

## INFORMING ALGORITHM DEVELOPMENT PEDESTRIANS ABOUT ROAD HAZARDS WITH COOPERATIVE TRASPOT SYSTEMS

**Bachmanov Maksim D.**, chief specialist,  
"MOSTOTREST-SERVICE", JSC, 5 building, 6, Barklaya st., Moscow, 121087, Russia,  
[bachmanoff.maxim@yandex.ru](mailto:bachmanoff.maxim@yandex.ru)

**Annotation.** The development of an algorithm to inform participants about the possible occurrence of problems and threats, in particular, about the possible ways of transmitting data via a mobile connection, which is associated with the lack of theoretical and applied work on this development and development issue. popularization of cooperative management systems. The algorithm includes determining the paths of pedestrians and constructing the concept of dynamic geographical areas of traffic participants.

**Keywords.** Cooperative systems, V2V, V2I, V2P, pedestrian safety, information systems.

### Введение

Проблема обеспечения безопасности для всех участников движения является одной из основных задач управления на транспорте. Ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) по всей стране погибают

десятки тысяч людей. Так по данным Государственной инспекции по безопасности дорожного движения (ГИБДД) за 2018 год на дорогах Российской Федерации произошло 133 203 отчетных ДТП, в которых погибло 16600 человек. Из них 50207 ДТП произошло с участием пешеходов, в результате чего погибло 5211 человек. Среди предлагаемых мероприятий по снижению числа ДТП и тяжести их последствий одно из ключевых мест может занять применение кооперативных транспортных систем в задачах информирования водителей и пешеходов о возникновении опасности.

### **Применение кооперативных ИТС для информирования пешеходов**

*Понятие кооперативных систем вошло в современный обиход относительно недавно, однако вне транспортной науки это определение используется уже давно. Кооперация – от латинского Cooperatio – форма организации труда и производственных процессов, в котором n-ое количество участников одновременно задействовано в одном процессе. Данное определение так же применимо и к современным кооперативным системам управления транспортными потоками. Под кооперацией подразумевается совместная работа элементов дорожной сети, то есть постоянная взаимосвязь между автомобилем, человеком (водителем или пешеходом) и дорожной инфраструктурой. Кооперативные системы подразделяются по видам взаимодействующих объектов. Сегодня это: Vehicle-to-vehicle (V2V), Vehicle-to-infrastructure (V2I), Vehicle-to-Pedestrian (V2P), Vehicle-to-device (V2D), Vehicle-to-everything (V2X) [1,2].*

Как видно из сказанного выше, за взаимодействие между человеком и транспортным средством отвечает система типа V2P. Связь между объектами кооперативных ИТС представлена на рисунке 1.

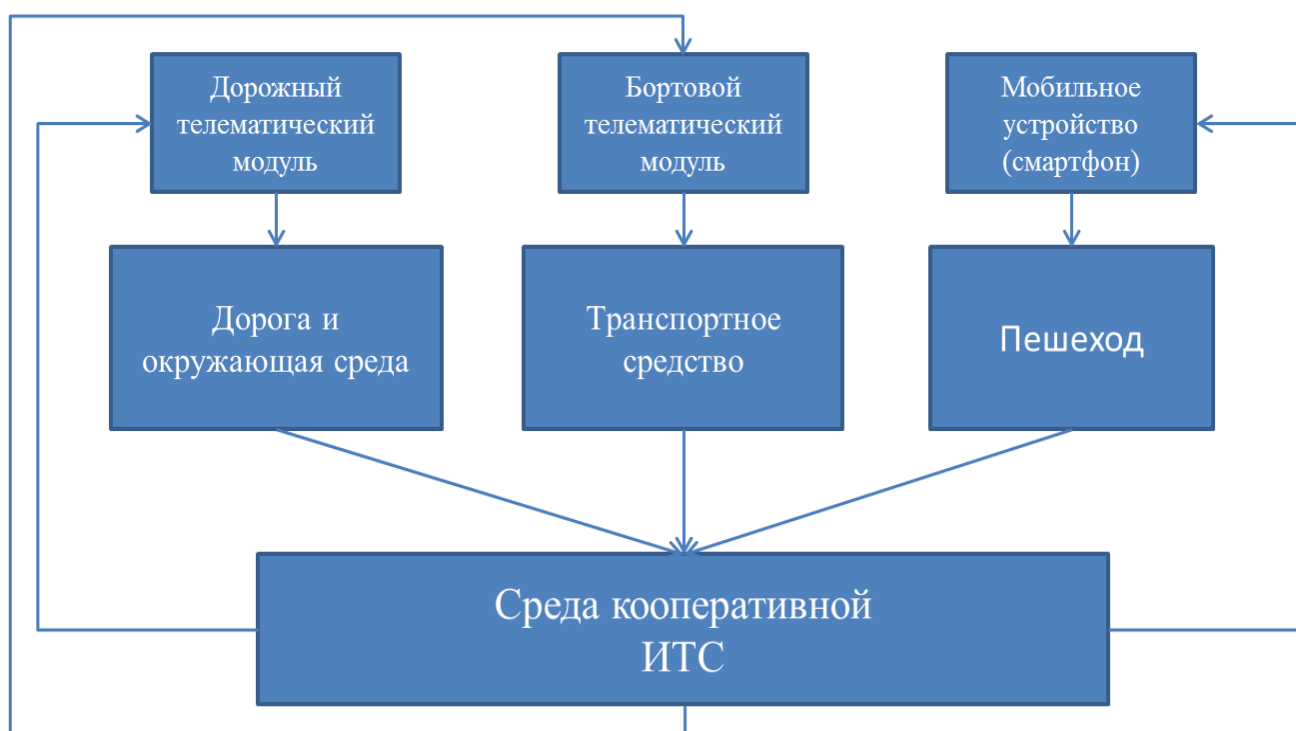


Рис. 1. Связь кооперативных ИТС.

Принцип работы кооперативных систем построен на том, что элементы интеллектуальной транспортной системы предоставляют информацию об объектах движения и их расположении на дороге, информацию о дорожных условиях, позволяют оптимизировать и обезопасить движение в дорожной сети [3].

Как видно их схемы на рис. 1, среду кооперативной интеллектуальной транспортной системы формируют её участники (пешеходы и транспортные средства), а также окружающая среда, в которой они перемещаются (дороги транспортная сеть). Каждый из объектов производит сбор данных об изменениях внутри транспортной системы и посредством беспроводной связи может направлять собранные данные другим участникам движения.

Интеллектуальная дорожная сеть связана с изменениями дорожных условий в реальном времени. Сообщения об интенсивности трафика, транспортных инцидентах и других дорожных событиях становятся доступными для всей сети. Для эффективной работы кооперативной

системы важно знать, где находится и куда направляется каждый пользователь сети. Сегодня над решением задачи обеспечения эффективности работы кооперативных ИТС работают сотни ученых, однако вопрос реализации алгоритма определения движения пешехода и своевременного информирования участников движения (как водителей, так и самих пешеходов) об опасности до сих пор остается нерешенным в полной мере. Решение вопроса оперативного информирования пешеходов об опасности со стороны движущегося транспортного средства по средствам кооперативных систем значительно повысит безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах.

### **Разработка алгоритма определения пути следования пешехода**

Для того, чтобы иметь достоверную информацию о географическом положении участников транспортного потока в системе координат и на элементах улично-дорожной сети нужно позволить внешним устройствам, находящимся у участников движения (телефоны, планшеты, БТМ и др.), передавать информацию об местоположении и его изменении. Функцией геолокации сейчас снабжены большинство мобильных устройств и современных транспортных средств [4]. При линейном движении, зная начальную и промежуточные точки нахождения объекта, можно вычислить скорость движения и, как следствие, установить точное расположение объекта через заданный промежуток времени.

Зная это время, можно производить оповещение участников движения через внешние информационные устройства и бортовые телепатические модули, которыми могут выступать даже обычные сотовые телефоны и планшетные компьютеры. Определение точного места нахождения пешехода и движущегося транспортного средства происходит по средствам GPS или ГЛОНАСС, которые являются неотъемлемой частью кооперативных ИТС [5].

За время информирования берется величина  $t_{инф}$ . Это время, за которое до участника дорожного движения будет доведена конечная информация. До пешеходов информация может быть доведена по средствам мобильных устройств, в то время как источниками её получения и апробации могут выступать мобильные устройства других пешеходов, БТМ автомобилей и дорожные телематические модули (ДТМ). Однако для участника дорожного движения важен только факт получения информации, в то время как ее источник не играет никакой роли.

Таким образом время доведения конечной информации до пешехода можно рассчитать как в виде соотношения:

$$T_{инф} = \frac{S}{V} - t_v - t_p, \quad (1)$$

где  $S$  – расстояние между транспортным средством и пешеходом;

$V$  – скорость движения пешехода;

$t_v$  – время восприятия, то есть время, за которое пешеход осознает информацию о наличии движущегося транспортного средства;

$t_p$  – время реакции.

Для того, чтобы пешеход смог воспринять информацию и избежать столкновения с транспортным средством необходимо, чтобы  $T_{инф} > 0$ .

Риск столкновения снизится, если пешеход вовремя получит информирование через внешнее устройство. Точность информации зависит от местоположения самого пешехода и положения устройства информирования. Очевидно, что информация будет актуальной только в том случае, если отклонение между этими двумя параметрами сведено к нулю. Поэтому приложение в значительной степени зависит от точности информации о местоположении и задержки передачи в V2P-соединении.

Если рассматривать величину ошибки позиционирования на транспортном средстве и пешеходе за  $G_c$  и  $G_p$ , а  $t_s$  принять за время

задержки передачи, то фактическое расстояние  $S$ , которое должен преодолеть пешеход можно рассчитать по формуле:

$$S = S_{\text{лок}} - G_{\text{ТС}} - G_{\text{п}} - V * t_3, \quad (2)$$

где  $S_{\text{лок}}$  - расчетное расстояние, основанное на информации GPS/ГЛОНАСС.

Исходя из расчета, что  $T_{\text{инф}} > 0$ ., можно сделать вывод что расстояние, основанное на информации GPS\ГЛОНАСС не может превышать минимальное расстояние, которое преодолет пешеход с момента информирования до получения и восприятия информации. То есть

$$S_{\text{лок}} > S_{\text{min}}, \text{ где}$$

$$S_{\text{min}} = V * (t_{\text{в}} + t_{\text{р}} + t_3) + G_{\text{ТС}} + G_{\text{п}} \text{ (м)}. \quad (3)$$

### **Разделение «правдивых» и «ложных» оповещений. Определение географических зон.**

Информирование пешехода об опасности со стороны ТС очень важно, однако с реализацией этой задачи связан ряд сопутствующих проблем. Одной из них является проблема селекции поступающей информации.

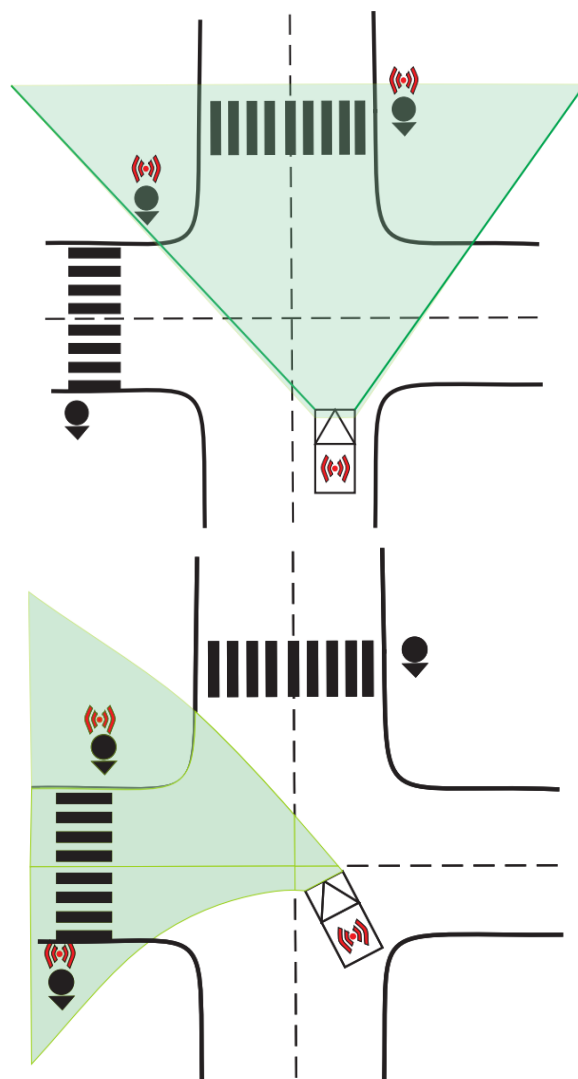
Логично ожидать, что на автомобильной дороге в рамках УДС, транспортный поток будет представлен десятками, сотнями и тысячами движимых объектов, которые будут являться частью кооперативной системы управления. Иначе говоря, все участники движения будут не только получателями информации, но и ее распространителями. Даже если ограничить транспортную сеть одним пешеходом и десятью автомобилями, то один пешеход будет получать информацию о приближении десяти различных объектов, что создаст не только

перегруженность сети, но и негативно скажется на доверии пешехода к предоставляемой информации. Однако не все транспортные средства влияют на безопасность пешеходов. Таким образом, сообщения, отправляемые транспортными средствами, должны быть дифференцированы таким образом, чтобы основное внимание уделялось только транспортным средствам, с которыми существует вероятность конфронтации.

Для фильтрации сообщений определяется географическая зона внутри кооперативной системы, который рассчитывается на основе кинематики автомобиля и указывает, что у пешеходов в указанной географической зоне есть риск столкновения с автомобилем.

Географическая зона определяется на основе кинематики автомобиля, в частности, его положения в системе координат, скорости, ускорении, а габаритных параметров (длины и ширины транспортного средства). Следует отметить, что параметры скорости и ускорения транспортного средства можно, как правило, получить с CAN-шины транспортного средства, но их можно измерить и с помощью внешних датчиков или просто рассчитать на основании данных, получаемых по системе GPS/ГЛОНАСС [7].

Форма географических зон всегда различна, в зависимости от траектории движения ТС. Географические зоны являются динамически изменяемым элементом, не имеющим постоянной величины. Так на Рис. 2 приведен пример в котором географическая зона меняется в зависимости от направления движения, и как следствие, меняются пользователи этой зоны.



**А) Движение ТС прямо**

**Б) Поворот ТС**

*Рис. 2. Изменение географических зон в зависимости от направления движения транспортного средства*

Чтобы определить географическую зону позиции расположения ТС и пешехода в виде широты и долготы должны быть преобразованы в декартовую систему координат с использованием геодезической подосновы.

Как только транспортное средство вычисляет географическую точку, оно может включать информацию о географической зоне в систему информирования пешеходов по средствам мобильных устройств, чтобы пешеходы определяли, находятся ли они в географической зоне движения транспортного средства [7]. По средствам определения нескольких



географических точек с разницей во временном промежутке, можно построить траекторию движения транспортного средства и на его основании, прогнозировать изменение географической зоны.

Данный метод позволит не только своевременно информировать пешеходов о приближении ТС, но и определять только необходимую группу участников транспортного движения, находящихся в потенциальном конфликте с движущимся транспортным средством, в то время как другие участники движения, находящиеся вне зоны следования ТС, уведомлений получать не будут. Это позволит не только понизить нагрузку на эксплуатируемую для оповещения участников дорожного движения сеть, но и повысить доверие пользователей к самой системе оповещения за счет исключения «ложных» уведомлений.

### **Заключение.**

На основании проведенного исследования была выведена формула необходимого времени информирования пешехода о приближении транспортного средства, рассчитано расстояние, за которое пешеход должен быть информирован, а также положено начало исследованию для определения географических зон. С помощью определения географических зон можно будет произвести селекцию поступающих сообщений от всех участников движения. Таким образом информирование о приближении транспортного средства будут получать только пешеходы, находящиеся в общей с ним географической зоне.

### **Список литературы**

1. Воробьев, А.И. Анализ технологий косвенного управления транспортными потоками на примере зарубежного опыта / А.И. Воробьев, Б.С. Субботин, Г.В. Власенко // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2013. - № 4 (35). - С. 83-89.
2. Бачманов, М.Д. Перспективы использования кооперативных транспортных систем в задачах светофорного регулирования / М.Д. Бачманов, А.И. Воробьев // Автоматизация и управление в технических системах. - 2016. - № 4 (21). - С. 8.

3. Власенко, Г.В. Процесс информационного обмена в рамках комплексной автоматизированной системы управления дорожным движением / Г.В. Власенко, А.И. Воробьев // Автотранспортное предприятие. - 2013. - № 8. - С. 27-29.
4. Воробьев, А.И. Концепция бортового телематического модуля / А.И. Воробьев, С.Ю. Пахомов, С.В. Ионов // В мире научных открытий. - 2012. - № 12 (36). - С. 144-148.
5. Жанказиев, С.В. Опыт разработки кооперативных и автономных транспортных систем в российской федерации / С.В. Жанказиев, А.Ю. Забудский, Д.Ю. Морозов // В сборнике: Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. Материалы Международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 63-67.
6. Солдкий, А.И. Развитие интеллектуальных транспортных систем в России - проблемы и пути их решения / А.И. Солдкий // Наука и техника в дорожной отрасли. - 2017. - № 1 (79). - С. 18-20.
7. Рот, Й. Метод определения положения транспортного средства, основанный на кооперативном использовании данных спутниковой навигационной системы / Й. Рот, Т. Шайх, Г.Ф. Троммер // Гироскопия и навигация. - 2012. - № 3 (78). - С. 18-36.

### References

1. Vorob'ev A.I., Subbotin B.S., Vlasenko G.V. Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI), 2013, № 4 (35), p. 83-89.
2. Bachmanov M.D., Vorob'ev A.I. Avtomatizaciya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemah, 2016, № 4 (21), p. 8.
3. Vlasenko G.V., Vorob'ev A.I. Avtotransportnoe predpriyatie. 2013, № 8, p. 27-29.
4. Vorob'ev A.I., Pahomov S.YU., Izonov S.V. V mire nauchnyh otkrytij. 2012, № 12 (36), p.144-148.
5. ZHankaziev S.V., Zabudskij A.YU., Morozov D.YU. Transport Rossii: problemy i perspektivy - 2016 Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2016, p. 63-67.
6. Soldkij A.I. Nauka i tekhnika v dorozhnoj otrasli. 2017, № 1 (79), p. 18-20.
7. Rot J., SHajh T., Trommer G.F. Giroskopiya i navigaciya. 2012, № 3 (78), p. 18-36.