



2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТАХ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

AUTOMATION OF PASSENGER TRAFFIC DETECTION AT BUS STOPS IN URBAN AGGLOMERATIONS

Семкин Александр Николаевич, генеральный директор ЗАО «Группа компаний «Навигатор», г. Орел, e-mail: nvg@nvg-group.ru

Semkin Aleksandr Nikolayevich, General Director of CJSC Navigator Group of Companies, Orel, e-mail: nvg@nvg-group.ru

✉¹ **Бодров Андрей Сергеевич**, к.т.н., руководитель отдела ИТС ЗАО «ЕНДС», г. Орел, e-mail: bodrov57@gmail.com

✉¹ **Bodrov Andrei Sergeevich**, candidate of technical sciences, head of the ITS department of JSC "ENDS", Orel, e-mail: bodrov57@gmail.com

Бодров Максим Андреевич, студент, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел, e-mail: acemax03@gmail.com

Bodrov Maxim Andreevich, student, Oryol state university named after I.S. Turgenyev, Oryol, e-mail: acemax03@gmail.com

Аннотация. Широкое внедрение интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях позволяет повысить эффективность функционирования и уровень автоматизации управления транспортной инфраструктуры. Для этого, на основе применения научно обоснованных подходов и методов, требуется разработка и внедрение отечественных программных продуктов и технических средств для ИТС.

Annotation. The widespread introduction of intelligent transport systems in urban agglomerations makes it possible to increase the efficiency of operation and the level of automation of transport infrastructure management. To do this, based on the application of scientifically based approaches and methods, it requires the development and implementation of domestic software products and hardware for ITS.

Ключевые слова: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ, ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ ТРАНСПОРТ, УМНЫЕ ОСТАНОВКИ.

Keywords: INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS, URBAN PASSENGER TRANSPORT, SMART STOPS.

¹ Автор для ведения переписки

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Современный этап развития транспортной отрасли нашей страны характеризуется широким внедрением цифровых технологий. Так, в частности, реализуются несколько Национальных проектов и программ, направленных на развитие и цифровизацию транспортной отрасли, в которых большое внимание уделяется обеспечению безопасности дорожного движе-

ния, а также повышению эффективности грузовых и пассажирских перевозок [1-3]. Так, в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» реализуется федеральный проект «Развитие общественного транспорта» [1], который предусматривает повышение удовлетворенности качеством транспортного обслуживания пассажирским транспортом. При этом важную роль в достижении поставленных целей отводится интеллектуальным транспортным системам (ИТС) [4].

В связи с этим целью проводимых исследований является – повышение эффективности функционирования общественного транспорта посредством ИТС. Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- разработать архитектуру модуля управления общественным транспортом (ОТ);
- провести анализ алгоритмов определения пассажиропотоков на остановочных пунктах (ОП).

Вопросам автоматизации учета пассажиропотоков на маршрутах общественного транспорта посвящено множество научных трудов, отечественных и зарубежных учёных и исследователей. В основе своей учёт пассажиропотоков производится при помощи периферийного оборудования, расположенного в маршрутных транспортных средствах (МТС) [5]. Как правило, периферийное оборудование располагается в дверных проемах МТС и производит подсчёт входящих и выходящих пассажиров. Выделяются несколько видов такого оборудования:

- датчики подсчёта пассажиров типа «чувствительная ступенька»;
- инфракрасные датчики, работающие по принципу прерывания или отражения луча;
- единые массивы (матрицы) инфракрасных датчиков;
- датчики на основе интеллектуальной обработки изображений с обычных или стереоскопических видеокамер.

Для эффективного учёта пассажиропотоков на ОП необходимо точное определение на каком ОП производится подсчёт пассажиропотоков. Достигается это как, правило при помощи данных, полученных от глобальной спутниковой навигационной системы (ГНСС) [6]. Таким образом современные автоматизированные системы учёта пассажиропотоков производят увязку количества входящих и выходящих пассажиров на ОП и координат положения МТС, позволяющих отнести МТС к тому или иному ОП на маршруте. Для формирования полной картины пассажиропотоков необходим анализ всех маршрутов, проходящих через данный ОП, при этом определение численности пассажиров, ожидающих МТС на ОП не производится. Именно посредством ИТС, позволяющих управлять движением ОТ, по данным пассажиропотоков на ОП предполагается достичь цели научного исследования.

2 Материалы и методы

В качестве элементов ИТС, направленных на управление процессами перевозки пассажиров, выделяются три подсистемы (Рисунок 1) [7].

Подсистемы управления маршрутами и мониторинга перемещения общественного транспорта уже долгое время функционируют как в нашей стране, так и за рубежом. Наименее понятной для пользователей ИТС является подсистема управления «умными остановками» (ПУУО). Она представляется в основном, как подсистема, осуществляющая информирование пассажиров о планируемом времени прибытия МТС на ОП и степени наполненности салона МТС посредством электронного табло на ОП [8]. Хотя фактически, её функциональные возможности значительно больше. Практически все ПУУО оснащаются камерами видеонаблюдения, и соответственно имеется возможность анализа получаемых данных при помощи технологий искусственного интеллекта (ИИ). В частности, доступно определение государственного регистрационного знака (ГРЗ) МТС на ОП, а также, в соответствии с требованиями ПНСТ 893-2023, выявление чрезвычайных ситуаций [9].

Однако, ПУУО способна осуществлять сбор данных, необходимых для управления процессами перевозки. Речь идет об определении пассажиропотоков на ОП. Так, в частности

в работе [10] по данным пассажиропотока на ОП строится матрица межостановочных корреспонденций. В основном, при определении пассажиропотоков на маршрутной сети применяются методы, описанные в документе [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Однако с развитием существующих технологий, и в особенности технологий ИИ, процесс определения пассажиропотоков на ОП можно автоматизировать. Так, например, компания Insentry (Россия) осуществляет анализ численности пассажиров на ОП (Рисунок 2).

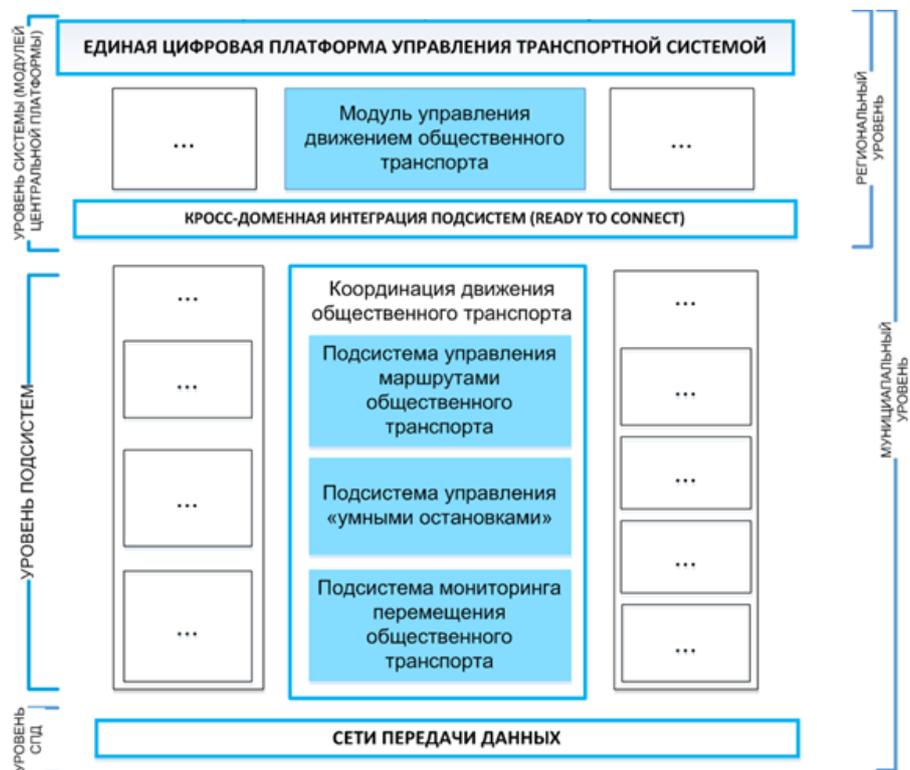


Рисунок 1 – Архитектура модуля управления движением общественного транспорта [7]

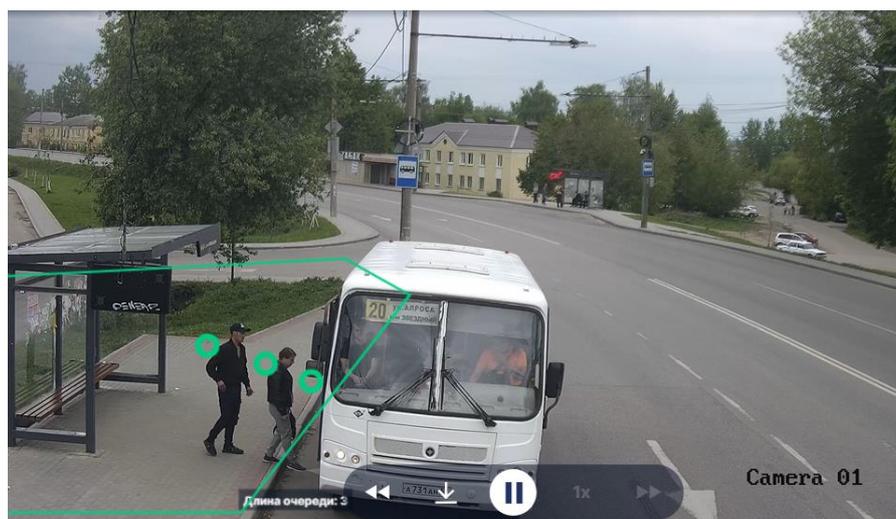


Рисунок 2 – Определение численности пассажиров на ОП от компании Insentry

ГК «Навигатор» (Россия) предложили свой алгоритм определения численности пассажиров на ОП (Рисунок 3).

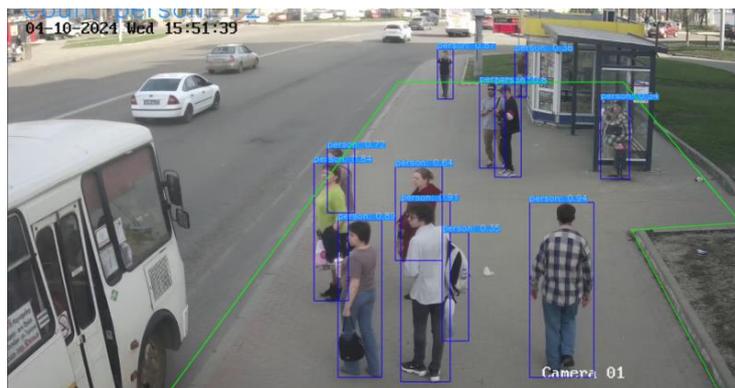


Рисунок 3 – Определение численности пассажиров на ОП от ГК «Навигатор»

Способность определения численности пассажиров на ОП, ещё не позволяет проводить анализ пассажиропотоков, т.к. не учитываются МТС, осуществляющие посадку-высадку пассажиров на данном ОП.

Представим ОП как систему массового обслуживания (СМО) (Рисунок 4).

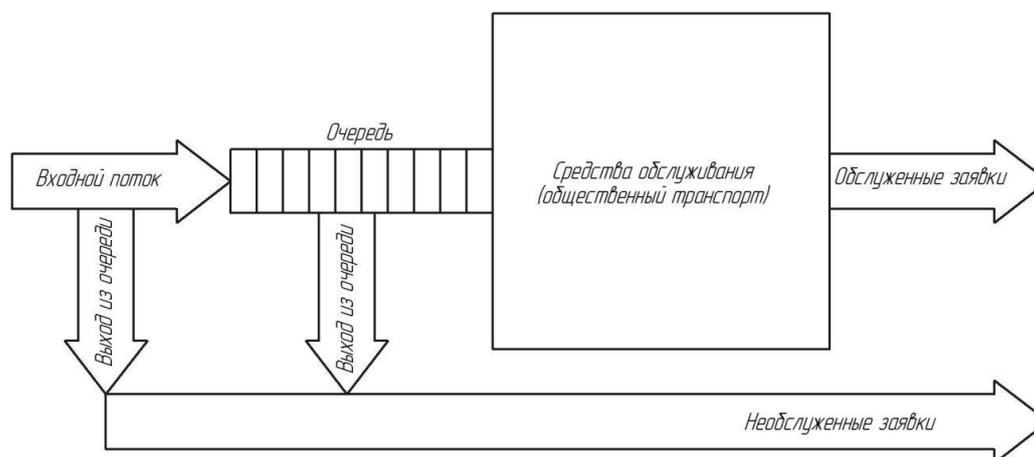


Рисунок 4 – Схема функционирования СМО

На представленной схеме функционирования СМО можно выделить:

- входной поток – заявки на отправку пассажиров ОТ;
- очередь – ожидание пассажиров прибытия ОТ;
- средства обслуживания – МТС;
- обслуженные заявки – отбывшие пассажиры;
- выход из очереди (необслуженные заявки) – пассажиры по каким-либо причинам, отказавшиеся от ожидания ОТ.

В нашем случае имеет место входной поток заявок, который представляет входной поток пассажиров, прибывающих на остановочный пункт (Рисунок 5).

Кроме этого, имеется исходящий поток пассажиров, отбывших с остановочного пункта, на различных видах общественного транспорта. Общая численность пассажиров на остановочном пункте будет составлять разницу между входящим и исходящим потоками пассажиров:

$$N_{ПАСС}^{ОБЩ} = N_{ПАСС}^{ВХ} - N_{ПАСС}^{ИСХ}$$

где $N_{ПАСС}^{ОБЩ}$ – общая численность пассажиров на ОП, чел.;

$N_{ПАСС}^{ВХ}$ – входящий поток пассажиров, чел.;

$N_{ПАСС}^{ИСХ}$ – исходящий поток пассажиров, чел.

Таким образом для определения пассажиропотока на ОП необходимо контролировать следующие параметры:

- численность прибывших пассажиров;
- общую численность пассажиров на ОП;
- число убывших пассажиров.

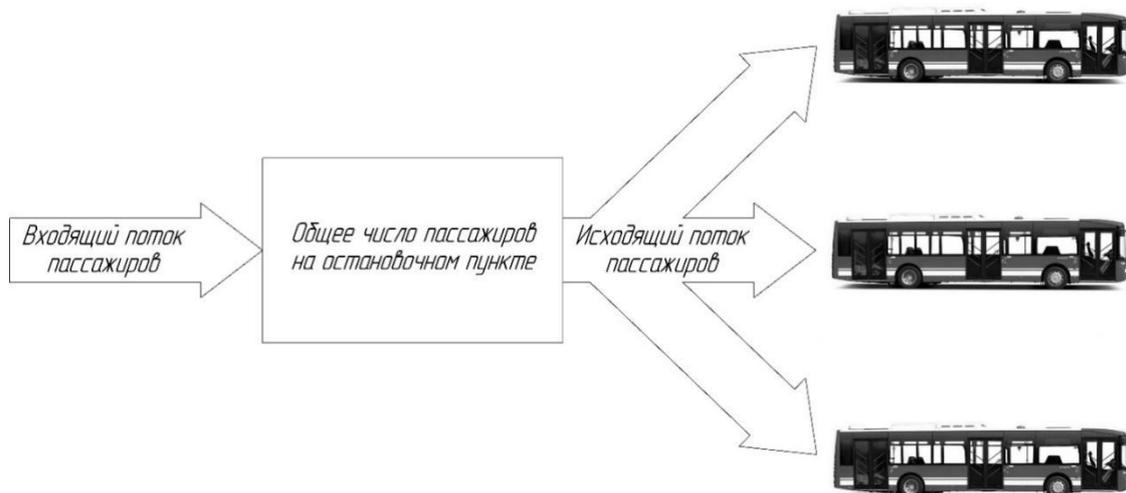


Рисунок 5 – Схема функционирования остановочного пункта

Для решения данных задач предлагается использование данных глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) и технологий ИИ. При этом при помощи ГНСС определяется местоположение МТС и его нахождение в зоне притяжения ОП [8], а технологии ИИ применяются для детектирования пассажиров на ОП. В качестве модели ИИ предлагается YOLOv7.

3 Результаты исследований

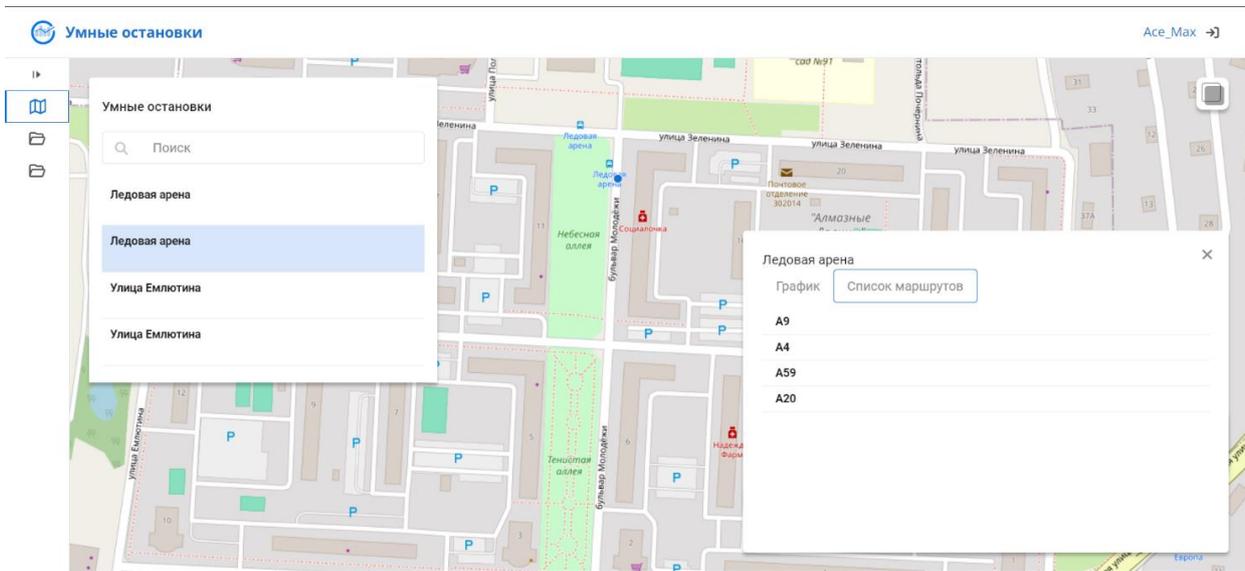
Результатом решения поставленных задач является разработка модуля анализа пассажиропотоков на ОП, реализованный на платформе ПО «Витрина данных ИТС» от ГК «Навигатор». Элементами данного модуля являются «Маршрут», «Остановочный пункт», «Посещение ОП МТС», «Список ОП для маршрутов», «Учет количества пассажиров на ОП»:

- элемент «Маршрут» хранит наименование и описание маршрута ОП;
- элемент «Остановочный пункт» содержит наименование и координаты ОП;
- элемент «Посещение ОП МТС» служит для хранения полученных данных о прибытии МТС на ОП;
- элемент «Учет количества пассажиров на ОП» служит для хранения информации о количестве пассажиров на ОП;
- элемент «Список ОП для маршрутов» служит для хранения списка ОП, которые должно посетить МТС на маршруте.

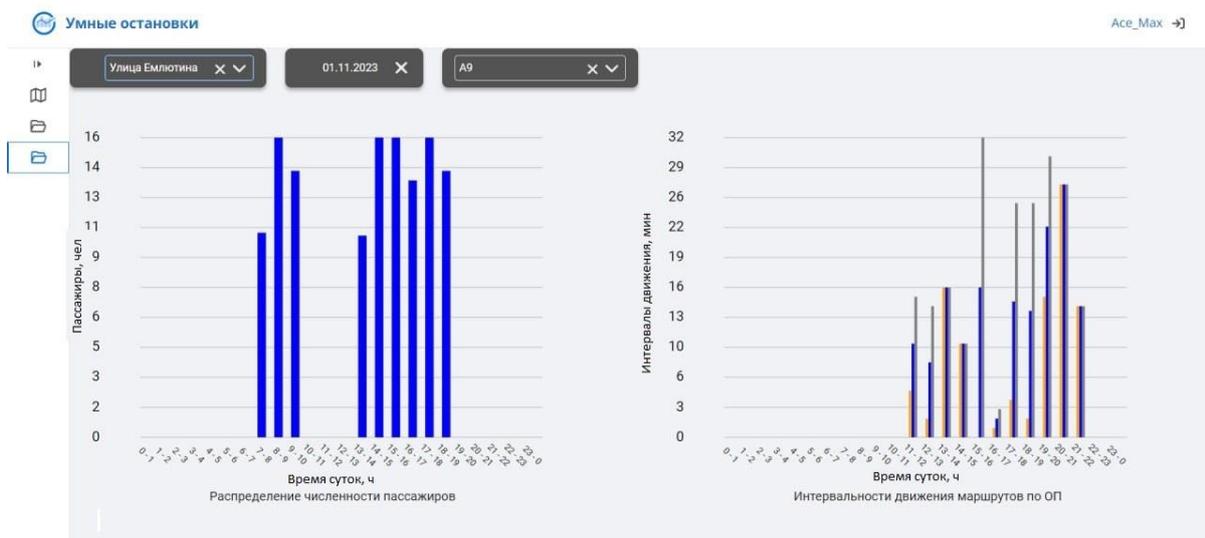
Модуль анализа пассажиропотоков на ОП имеет следующие функциональные характеристики:

- авторизация и аутентификация пользователя;
- изменение данных учетной записи пользователя;
- позволять переключение между вкладками: «Карта», «Графики» и, для пользователей с особыми правами, «Справочники»;
- позволять изменять некоторые данные пользователям с особыми правами через раздел «Справочники»;

- просматривать карту и менять ее тайлы;
- отображать маркеры местоположения ОП на карте (а) виджет выбора ОП; б) виджет «Статистические данные» (рис.6, а);
- выбирать ОП через маркер на карте или через ОП и центрировать изображение на выбранном ОП;
- при выборе ОП система должна выводить карточку этого пункта с графиком распределения численности пассажиров за последний час и списком маршрутов, проходящих выбранный остановочный пункт;
- предоставлять возможность строить графики распределения численности пассажиров и интервальности движения маршрутов по ОП на различных временных промежутках для разных остановочных пунктов и маршрутов (а) виджет выбора ОП; б) виджет «Статистические данные» (рис. 6, б).



а)



б)

а) виджет выбора ОП; б) виджет «Статистические данные»

Рисунок 6 – Модуль анализа пассажиропотоков на остановочном пункте ПО «Витрина» данных ИТС»

4 Обсуждение и заключение

Представленный программный продукт «Модуль анализа пассажиропотоков на ОП» позволит автоматизировать работу диспетчерских служб городских агломераций в области анализа и планирования работы МТС. Важным моментом при реализации ПО и технических средств ИТС является их построение на основе проводимых научных исследований и отражение современных и перспективных достижений в транспортной отрасли. Только в этом случае удастся добиться высоких показателей эффективности функционирования транспортной системы городских агломераций при помощи ИТС.

Список литературы

1 О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года : указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 // <https://rg.ru/documents/2018/05/08/president-ukaz204-site-dok.html>.

2 Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» : постановление Правительства РФ от 28 июля 2017г. № 1632-п // <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/>.

3 Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-п // Собр. законодательства РФ. - 2021. - №50 (13 декабря). - (Часть IV), ст. 8613.

4 Методические рекомендации по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение субсидий из федерального бюджета бюджетами субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрены интеллектуальные транспортные системы, предусматривающие автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» : распоряжение Министерства транспорта РФ от 27 апреля 2024 г. № АК-95-п // <https://www.consultant.ru>.

5 Семкин, А. Н. Перспективы внедрения подсистемы обеспечения приоритетного проезда транспортных средств в ИТС городских агломераций / А.Н. Семкин // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – №2-2(85). – С. 123-130.

6 Семкин, А. Н. Совершенствование алгоритмов информирования пассажиров на остановочных пунктах городских агломераций / А.Н. Семкин // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – №2-1(85). – С. 127-135.

7 Семкин, А. Н. Опыт внедрения систем координации движения общественного транспорта на примере Орловской городской агломерации / А.Н. Семкин А. Н., Шевляков // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – №1-1(80). – С. 50-59.

8 ПНСТ 892-2023 Интеллектуальные транспортные системы. Системы диспетчерского управления городским наземным пассажирским транспортом. Требования к архитектуре и функциям подсистемы информирования пассажиров, использующей фактическую и прогнозную информацию о движении транспортных средств на маршрутах.

9 ПНСТ 893-2023 Подсистема видеонаблюдения и детектирования дорожно-транспортных происшествий и чрезвычайных ситуаций. Общие технические требования.

10 Лебедева, О. А. Совершенствование методов мониторинга пассажиропотоков на маршрутах городского пассажирского транспорта общего назначения: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лебедева Ольга Анатольевна; Иркутский государственный технический университет. - Иркутск, 2014. – 20 с. – Библиогр.: с. 18-20. – Место защиты: Иркутский государственный технический университет. - Текст: непосредственный.

11 Методологические рекомендации по проведению обследования по определению степени использования общественного транспорта различными категориями граждан (транспортной подвижности граждан). – Письмо Госкомстата ОР-09-23/692 от 14.02.2002.

References

- 1 On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024 : Decree of the President of the Russian Federation dated May 7, 2018 No. 204 // <https://rg.ru/documents/2018/05/08/president-ukaz204-site-dok.html>.
- 2 The Digital Economy of the Russian Federation Program : Decree of the Government of the Russian Federation dated July 28, 2017 No. 1632-r // <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/>.
- 3 Transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035 : Decree of the Government of the Russian Federation dated November 27, 2021 No. 3363-r // Collection of legislation of the Russian Federation. - 2021. - No.50 (December 13). - (Part IV), v. 8613.
- 4 Methodological recommendations for the development of applications (including local projects for the creation and modernization of intelligent transport systems) of the subjects of the Russian Federation for subsidies from the federal budget by the budgets of the subjects of the Russian Federation in order to implement the event "Intelligent transport systems have been introduced, providing automation of traffic management processes in urban agglomerations, including cities with a population of over 300 thousand people" in within the framework of the federal project "System-wide measures for the development of the road sector" of the state program of the Russian Federation "Development of the transport system" : Decree of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated April 27, 2024 No. AK-95-r // <https://www.consultant.ru>.
- 5 Semkin, A. N. Prospects for the introduction of a subsystem for ensuring priority passage of vehicles in ITS urban agglomerations / A.N. Semkin // The world of transport and technological machines. – 2024. – №2-2(85). – Pp. 123-130.
- 6 Semkin, A. N. Improving algorithms for informing passengers at bus stops in urban agglomerations / A.N. Semkin // The world of transport and technological machines. – 2024. – №2-1(85). – Pp. 127-135.
- 7 Semkin, A. N. The experience of implementing public transport coordination systems on the example of the Orel urban agglomeration / A.N. Semkin, A. N., Shevlyakov // World of transport and technological machines. – 2023. – №1-1(80). – Pp. 50-59.
- 8 DNS 892-2023 Intelligent transport systems. Dispatch control systems for urban ground passenger transport. Requirements for the architecture and functions of the passenger information subsystem, which uses actual and forecast information about the movement of vehicles on routes.
- 9 DNS 893-2023 Subsystem of video surveillance and detection of traffic accidents and emergencies. General technical requirements.
- 10 Lebedeva, O. A. Improvement of methods of monitoring passenger flows on routes of urban passenger transport of general purpose: specialty 05.22.10 "Operation of motor transport": abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Lebedeva Olga Anatolyevna; Irkutsk State Technical University. - Irkutsk, 2014. – 20 p. – Bibliography: pp. 18-20. – Place of protection: Irkutsk State Technical University. - Text: direct.
- 11 Methodological recommendations for conducting a survey to determine the degree of use of public transport by various categories of citizens (transport mobility of citizens). – Letter from the State Statistics Committee OR-09-23/692 dated 02/14/2002.

© Семкин А. Н., Бодров А. С., Бодров М. А., 2024