

## Обзор тенденций развития технологий интернета вещей в интеллектуальных транспортных системах

Р. Р. Фаткиева✉, А. П. Конева, А. Ш. Мустафина

Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия

✉ rikki2@yandex.ru

**Аннотация.** В настоящее время интерес к развитию технологий интернета вещей все более активно проникает в сферу интеллектуальных транспортных систем. Представленный обзор посвящен текущей исследовательской ситуации, анализу и классификации публикаций по теме с точки зрения научных, временных, географических и т. д. аспектов с целью определения перспективных тенденций развития. База публикаций Scopus служит источником для выборки. Анализ и выборка осуществлялись как в ручном режиме, так и с помощью специального программного обеспечения для автоматического поиска по ключевым словам. Выборку можно считать репрезентативной: около 2000 публикаций более чем из 15 537 источников. Статистические характеристики исследования применения технологии интернета вещей в интеллектуальных транспортных системах, полученные в результате анализа, были визуализированы в графическом виде диаграммами различных типов. Статистика была представлена в соответствии с различными критериями: постановка проблемы, область применения, публикационная активность на разных континентах, странах, принадлежность авторам, исследовательским и промышленным организациям, издательствам, индекс цитирования, распределение временной исследовательской деятельности в период 2017–2022 гг. и т. д. В результате анализа был сформирован наиболее актуальный набор работ, на основе которых были разработаны классификации перспективных направлений исследований и методов развития интеллектуальных транспортных систем.

**Ключевые слова:** интеллектуальные транспортные системы, интернет вещей, дорожно-транспортная среда

**Для цитирования:** Фаткиева Р. Р., Конева А. П., Мустафина А. Ш. Обзор тенденций развития технологий интернета вещей в интеллектуальных транспортных системах // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2022. Т. 15, № 9. С. 43–63. doi: org/10.32603/2071-8985-2022-15-9-43-63.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Original article

## Overview of Trends in the Development of Internet of Things Technologies in Intelligent Transport Systems

R. R. Fatkueva✉, A. P. Koneva, A. S. Mustafina

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,  
Saint Petersburg, Russia

✉ rikki2@yandex.ru

**Abstract.** Currently, interest in the development of Internet of Things technologies is increasingly penetrating into the field of intelligent transport systems. The presented review is devoted to the current research situation, analysis and classification of publications on the topic in terms of scientific, temporal, geographical, etc. aspects in order to determine promising development trends. The Scopus Publication Database serves as the source for the selection. Analysis and selection were carried out both manually and with the help of special software for automatic keyword search.

The sample can be considered representative: about 2,000 publications from more than 15,537 sources. The statistical characteristics of the study of the application of the Internet of Things technology in intelligent transport systems, obtained as a result of the analysis, were visualized in graphical form by diagrams of various types. Statistics were presented in accordance with various criteria: problem statement, scope, publication activity on different continents, countries, affiliation with authors, research and industrial organizations, publishers, citation index, distribution of temporary research activities in the period 2017-2022, etc. As a result of the analysis, the most relevant set of works was formed, on the basis of which classifications of promising areas of research and methods for the development of intelligent transport systems were developed.

**Keywords:** intelligent transport systems, Internet of Things, road transport environment

**For citation:** Fatkueva R. R., Koneva A. P., Mustafina A. S. Overview of Trends in the Development of Internet of Things Technologies in Intelligent Transport Systems // LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science. 2022. Vol. 15, no. 9. P. 43–63. doi: org/10.32603/2071-8985-2022-15-9-43-63.

---

**Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest.

**Введение.** Функционирование современной транспортной инфраструктуры в значительной степени зависит от уровня развития информационных технологий, внедрение которых в повседневную жизнь людей происходит в разных странах и городах с разной скоростью, объемами и интенсивностью. Внедрение концепции интеллектуальных транспортных систем позволяет повысить качество современного уровня жизни с помощью технологий IoT, которые не только адаптируют управление внутренними логистическими механизмами, но и обеспечивают процессы взаимосвязи систем информационных и коммуникативных технологий. Ключевые требования, выдвигаемые к интеллектуальным транспортным системам, заключаются в наличии единой системы управления, защите передаваемой информации от случайных и злонамеренных воздействий. Интеллектуальным транспортным системам свойственны повышенный уровень структурной сложности и сложности протекающих в них процессов, динамические изменения взаимосвязанных структур и объектов, входящих в состав таких систем.

Развитие представленных в настоящее время систем интеллектуального управления автотранспортом [1]–[109] – важное направление для автотранспортных компаний, так как они позволяют собирать и анализировать массивы больших данных о состоянии рынка и автомобилях. Применение систем мониторинга с использованием технологий IoT, дает производителям возможность выявлять недостатки и поломки автомобилей, а также анализировать поведение водителей для управления безопасностью при передвижении автотранспортных средств.

Внедрение интеллектуальных систем управления автотранспортными средствами в систему

управления городской инфраструктуры позволяет не только автоматизировать процесс составления расписания при движении транспорта, но формировать в реальном времени превентивные меры, позволяющие повысить качество услуг и снизить их стоимость.

Обзор релевантных работ [1]–[109] показал, что в настоящее время сложились основные тенденции и направления развития IoT. Однако пока нет четкого представления о перспективах развития данного направления в интеллектуальных транспортных системах, в связи с чем остается открытым вопрос о развитии стратегии методов управления автотранспортными средствами.

Анализ трендов в автомобильном интернете вещей. Проведенный поиск публикационной активности в ручном режиме по базе Scopus, дополненный анализом представительной выборки публикаций с анализом по ключевым словам в данной тематике позволил выделить основные области интернета вещей в интеллектуальных транспортных системах (рис. 1–3). Анализ производился по 2000 публикациям из 15 537 источников, в период за 2017–2022 гг. Типы анализируемых документов: статьи (9812 – в научных сборниках, в прессе – 11), 6 книг, 305 глав книг, 4303 документов конференций, 1009 рецензий конференций, 9 писем, 26 рецензий (рис. 3).

Для анализа трендов была использована программа VOSViewer, с помощью которой построен граф, позволяющий выделить основные направления, области и связи между ними. Граф представлен на рис. 1.

Анализ публикационной активности, представленный на рис. 1, показал, что центральным элементом на карте, ожидаемо, являются публикации по тематике «Internet of Things» (интернет



живания местоположения [25]–[32], так и в задачах обнаружения проезжающих транспортных средств и распознавания их классов [33], а также сопряжения устройств [34]. Отдельные задачи разработки программного обеспечения для сбора и обработки данных рассмотрены в [32], [35]–[38].

б) *управление беспилотными автомобилями*. В [39]–[44] предложено адаптивное управление для изолированного пересечения на основе данных о траектории движения транспортных средств.

**3. Направление «Облачные технологии и распределенные вычисления»** включает в себя следующие поднаправления:

а) *распределенная облачная архитектура* транспортных средств [44] облегчает создание новых услуг и повторное использование данных для различных транспортных средств;

б) *распределенные вычисления* на нескольких вычислительных машинах одновременно для ускорения обработки данных. В [45], [46] представлены методы повышения надежности в облачно-туманно-периферийной среде, а в исследовании [47] отражены вопросы смещения вычислений к границам сети, в [48] показано, что рабочую нагрузку по вычислениям можно передавать другим доступным подключенным транспортным средствам, а в [49] предлагается архитектура совместной работы МЕС-облачных вычислений;

в) *разделение информации и слияние информации* рассмотрено в [50].

**4. Направление «Граничные вычисления»** (2564 публикации) включает в себя высоконагруженные вычисления и их оптимизацию, с разделением на поднаправления:

а) *мобильные вычисления*, непосредственно на мобильном устройстве, которое часто служит также и источником данных. В [51], [52] описана система распознавания стиля вождения с использованием датчиков смартфонов;

б) *разгрузка и распределение задач* между несколькими вычислительными устройствами для оптимизации задач управления представлена на примерах многоагентного обучения с подкреплением [53], с использованием сети глубокого Q-обучения [54], с использованием шлюза доступа IoV для управления входящим трафиком данных в магистраль IVN и исходящим трафиком данных в IoV в сетевой среде [55];

в) *технологии беспроводных сетей*, включая передачу и обработку данных позволяют разработать системы мониторинга дорожного движения и управление транспортными средствами [46],

[56]–[60]. Обеспечению информационной безопасности посвящены работы [48], [61]–[65].

**5. Направление «Зеленые технологии»** (2564 публикации) изучает способы минимизации экологического вреда при использовании технологий IoT. В [50], [66] рассмотрены вопросы мониторинга качества окружающей среды в реальном времени, с возможностью прогнозировать ее. Направление включает в себя следующие поднаправления:

а) *энергоэффективность и эковожждение* – заключается в оптимизации существующих технологий, с целью уменьшения вреда, наносимого выхлопами автотранспортных средств [50], [67];

б) *потребление ресурсов* – оптимизация и уменьшение потребляемых автомобилем ресурсов, для снижения расходов [68];

в) *классификация рисков аварий* [2], [69] позволяет выявить взаимосвязи между риском для отдельного водителя и потоком автотранспортных средств.

**Анализ публикационной активности.** Дальнейший анализ публикационной активности производился по полученной с помощью базы данных Scopus информации. В общей сложности было проанализировано 15 537 документов. В таблице представлено распределение публикаций по годам. По растущему от года к году числу публикаций можно сделать вывод, что направление IoT активно развивается.

Количество публикаций по годам  
Number of publications by years

Год	Публикации
2022	87
2021	6418
2020	6010
2019	2583
2018	436
2017	3

На рис. 2 представлена классификация публикаций по их типам. Наибольшее количество публикаций составляют статьи, обзоры на статьи и доклады с конференций. Количество книг или глав в книгах относительно мало.

На рис. 3 представлены предметные области, к которым относятся анализируемые статьи. Наиболее популярны темы исследований в направлении инженерных и IT-областей, остальные же направления в сумме составляют меньше половины от всех.

На рис. 4 представлены источники публикаций по годам. Отдельно можно выделить группу

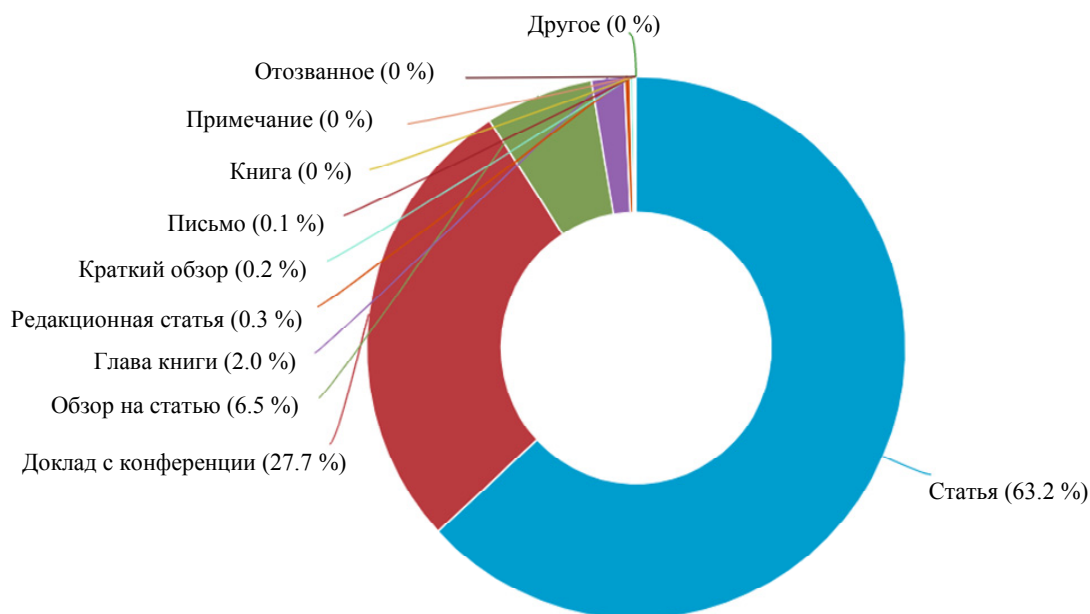


Рис. 2. Классификация публикаций по типу  
Fig. 2. Classification of publications by type

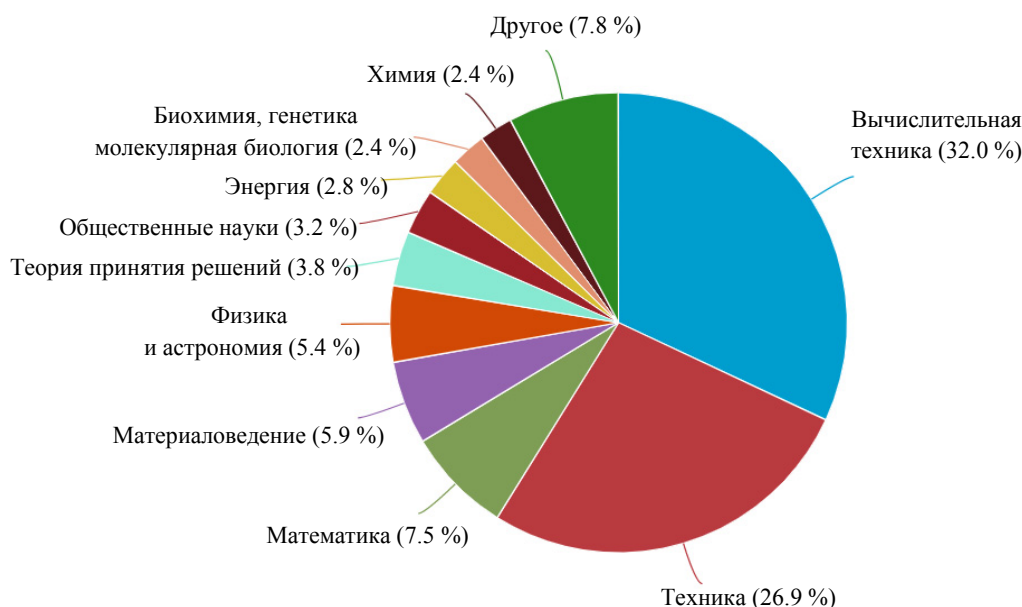


Рис. 3. Классификация публикаций по предметной области  
Fig. 3. Classification of publications by subject area

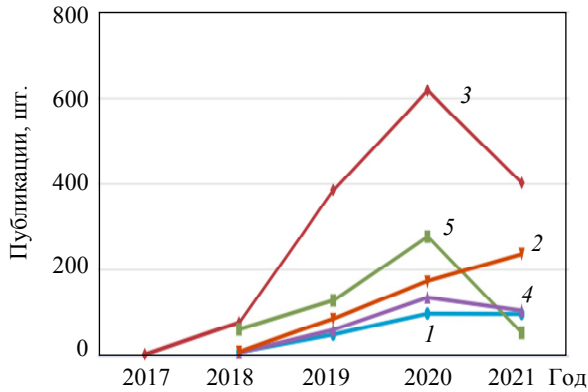
IEEE: 3 из 4 лидирующих источников относятся к этой группе. Популярность всех лидирующих источников, кроме IEEE Internet of Things, падает от года к году.

На рис. 5 изображены источники финансирования. Из инфографики видно, что наиболее активно исследования по IoT финансируются в Китае: две лидирующие строчки принадлежат к этой стране. Это отражается на количестве публикаций: больше всего публикаций со значительным отрывом от второго места происходит в Китае (рис. 6).

На рис. 7 и 8 представлены наиболее публикующиеся авторы и наиболее аффилированные

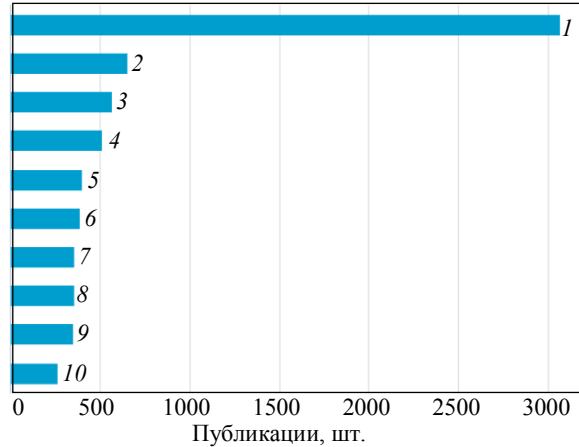
университеты. Первые строчки занимают китайские авторы и университеты.

**Анализ релевантных работ.** Основные направления можно классифицировать по направлениям исследований в сфере IoT (рис. 9) и основным методам, применяемым в исследованиях (рис. 10). К наибольшей группе применяемых в исследованиях методах относят машинное обучение, применение нейронных сетей, а также методы статистической обработки информации в которых можно выделить задачи классификации и обнаружения транспортных средств [1]–[109], в том числе обнаружение, идентификацию, классификацию



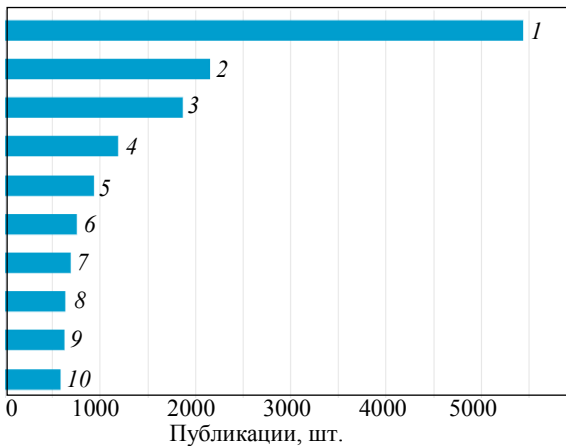
Источники публикаций:  
 1 – Electronics Switzerland;  
 2 – IEEE Internet Of Things Journal;  
 3 – IEEE Access;  
 4 – IEEE Transactions On Vehicular Technology;  
 5 – Sensors Switzerland

Рис. 4. Сводка по источникам публикаций  
 Fig. 4. Summary of publication sources



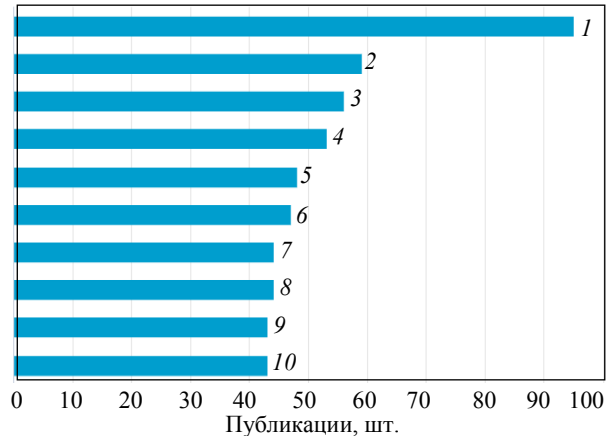
Источники финансирования:  
 1 – Национальный фонд естественных наук Китая;  
 2 – Национальная ключевая программа исследований и разработок Китая;  
 3 – фонды фундаментальных исследований для центральных университетов;  
 4 – Национальный научный фонд;  
 5 – Национальный исследовательский фонд Кореи;  
 6 – Рамочная программа «Горизонт 2020»;  
 7 – Министерство образования КНР;  
 8 – Министерство науки и технологий КНР;  
 9 – Европейская комиссия;  
 10 – Министерство финансов

Рис. 5. Сводка по главным спонсорам публикаций  
 Fig. 5. Summary of funding sponsors of publications



Страны:  
 1 – Китай; 2 – США; 3 – Индия; 4 – Великобритания;  
 5 – Южная Корея; 6 – Канада; 7 – Саудовская Аравия;  
 8 – Италия; 9 – Австралия; 10 – Пакистан

Рис. 6. Сводка публикация по странам  
 Fig. 6. Summary publication by country



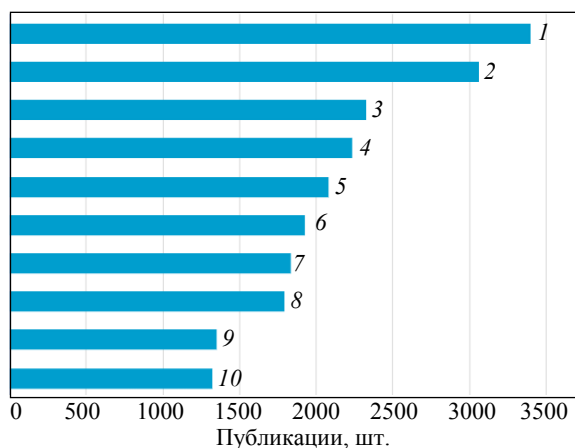
Авторы:  
 1 – Гуизани М.; 2 – Хан Ц.; 3 – Кумар Н.; 4 – Ду С.;  
 5 – Тянь Ц.; 6 – Лиу А.; 7 – Ниято Д.; 8 – Саад В.;  
 9 – Шривастава Г.; 10 – Ванг Т

Рис. 7. Информация по авторам  
 Fig. 7. Authors Information

транспортных средств и их взаимодействие друг с другом. Внутри данной группы методов машинного обучения отдельно можно выделить следующие классы: методы диагностики транспортного средства и методы определения местоположения транспортных средств.

Применение статистических методов и нейронного обучения позволяет сформировать

системы мониторинга вождения и построение динамического профиля водителя. Внутри данной группы можно выделить методы распознавания состояния водителя, методы динамического мониторинга состояния автомобиля и контроля трафика, а также методы распознавания стиля вождения, основанные на формировании паттернов поведения водителей и использование их в задачах



Университеты:

- 1 – Пекинский университет почты и телекоммуникаций;
- 2 – Министерство образования Китая;
- 3 – Сианьский университет;
- 4 – Университет электронных наук и технологий Китая;
- 5 – Юго-восточный университет;
- 6 – Университет короля Сауда;
- 7 – Университет Цинхуа;
- 8 – Китайская академия наук;
- 9 – Пекинский технологический университет;
- 10 – Центральный южный университет

Рис. 8. Наиболее аффилированные университеты  
Fig. 8. Most affiliated universities

оптимизации. Это позволяет прогнозировать дорожную обстановку и выявить связанные с ней риски.

Методы для мониторинга и контроля состояния транспортного средства используют датчики и CAN-шины, а также системы бортовой диагностики, оценивающие состояние транспортного средства и, по отклонениям от показателей функционирования автотранспортного средства, осуществляющие поиск поломок и их предсказание.

Отдельно можно отметить работы, исследующие эмоциональное состояние водителя и уровень его реакции на окружающие события.

Данные методы изучают в том числе уровень агрессии водителя и позволяют выстроить стратегию поведения и на ее основании сформировать траекторию движения.

Методы динамического мониторинга состояния автотранспортных средств и контроля трафика. Данные методы анализируют дорожную ситуацию (как с помощью камер наблюдения, так и с помощью систем, установленных на автотранспортное средство) и формируют цифровую модель функционирования дороги, отклонения от которой фиксируется с помощью машинного обучения или нейронных сетей. Это позволяет предсказывать уровень трафика и загруженность дорожных сетей [1]–[109].

К основным методам, изображенным на рис. 10, можно отнести методы: 1 – поиска парковочного места [9], [11], [84], [98]; 2 – бронирования парковочного места [10]; 3 – переключения парковки и прогнозирования потоков движения [8], [12], [13]; 4 – уменьшения атрибутов [72]; 5 – сокращения времени в пути [75], [82]; 6 – использования нового механизма блокировки [27]; 7 – оптимизации [83]; 8 – взаимосвязи/взаимодействия между МЕС и облачными вычислениями [49]; 9 – распределения вычислительных ресурсов в периферийной вычислительной среде [48], [53], [54]; 10 – интегрирования в систему дополнительной реальности [87]; 11 – разгрузки задач для интернета транспортных средств [39], [53]; 12 – оптимизации автомобильной сенсорной сети [58]; 13 – распознавания эмоций водителя [2], [20], [77], [97]; 14 – распознавания стиля вождения [5], [19], [21], [22], [24], [42], [51], [70], [85], [86], [93], [101], [109]; 15 – оценки скорости транспортного средства [4], [15], [70]; 16 – динамического мониторинга и контроля трафика [8], [16], [24], [27], [39], [46], [47], [56], [73], [74], [84], [86]; 17 – передачи данных, с использованием технологии LoRa [60]; 18 – иерархической гибридной схемы управления доверием [64]; 19 – управления ключами на основе блокчейна и схема зеленой маршрутизации для V2X [63]; 20 – интеллектуальной стратегии пересылки [59]; 21 – повышения надежности в облачно-туманно-периферийной среде [45]; 22 – коммуникации с использованием доступной встроенной системы [3], [57]; 23 – сотовой связи между транспортными средствами (C-V2X) [79]; 24 – классификации транспортных средств [1], [4], [14], [33], [35], [44]; 25 – диагностики транспортного средства [6], [37], [65], [67], [68], [94], [103], [104]; 26 – распознавания номерных знаков в режиме реального времени [17]; 27 – распознавания траектории движения [42], [94], [96]; 28 – обнаружения транспортных средств [15], [18], [33], [35], [62]; 29 – определения местоположения транспортных средств [29], [39], [40], [50], [65], [80], [86]; 30 – определения брошенного транспортного средства [69]; 31 – определения местоположения транспортных средств [29], [39], [40], [50], [65], [80], [86]; 32 – автоматизации транспортных средств [91], [92]; 33 – мониторинга качества воздуха в автомобиле в реальном времени [66]; 34 – устранения неисправности автомобиля [31]; 35 – мониторинга,

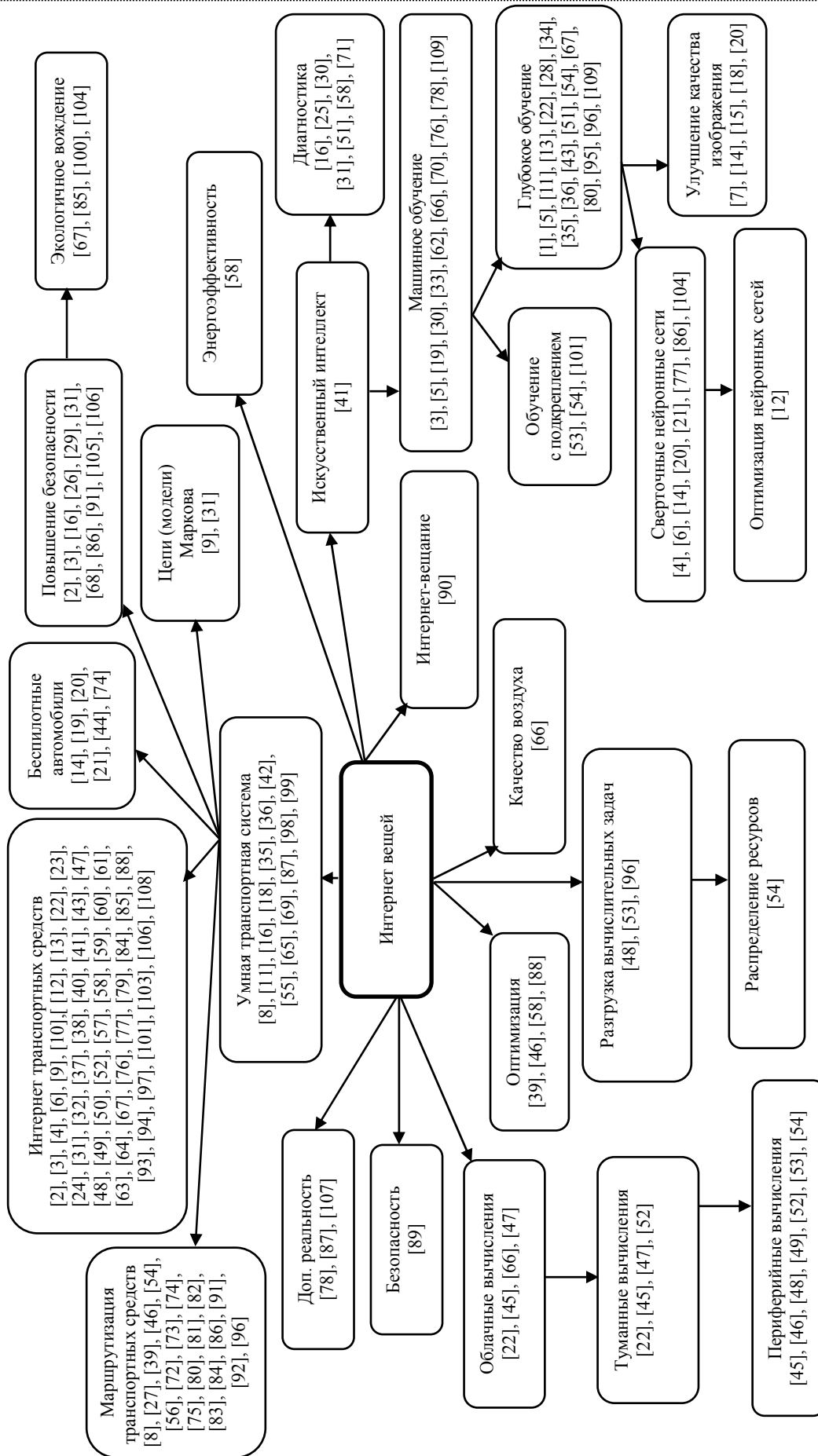


Рис. 9. Классификация направлений  
 Fig. 9. Classification of directions



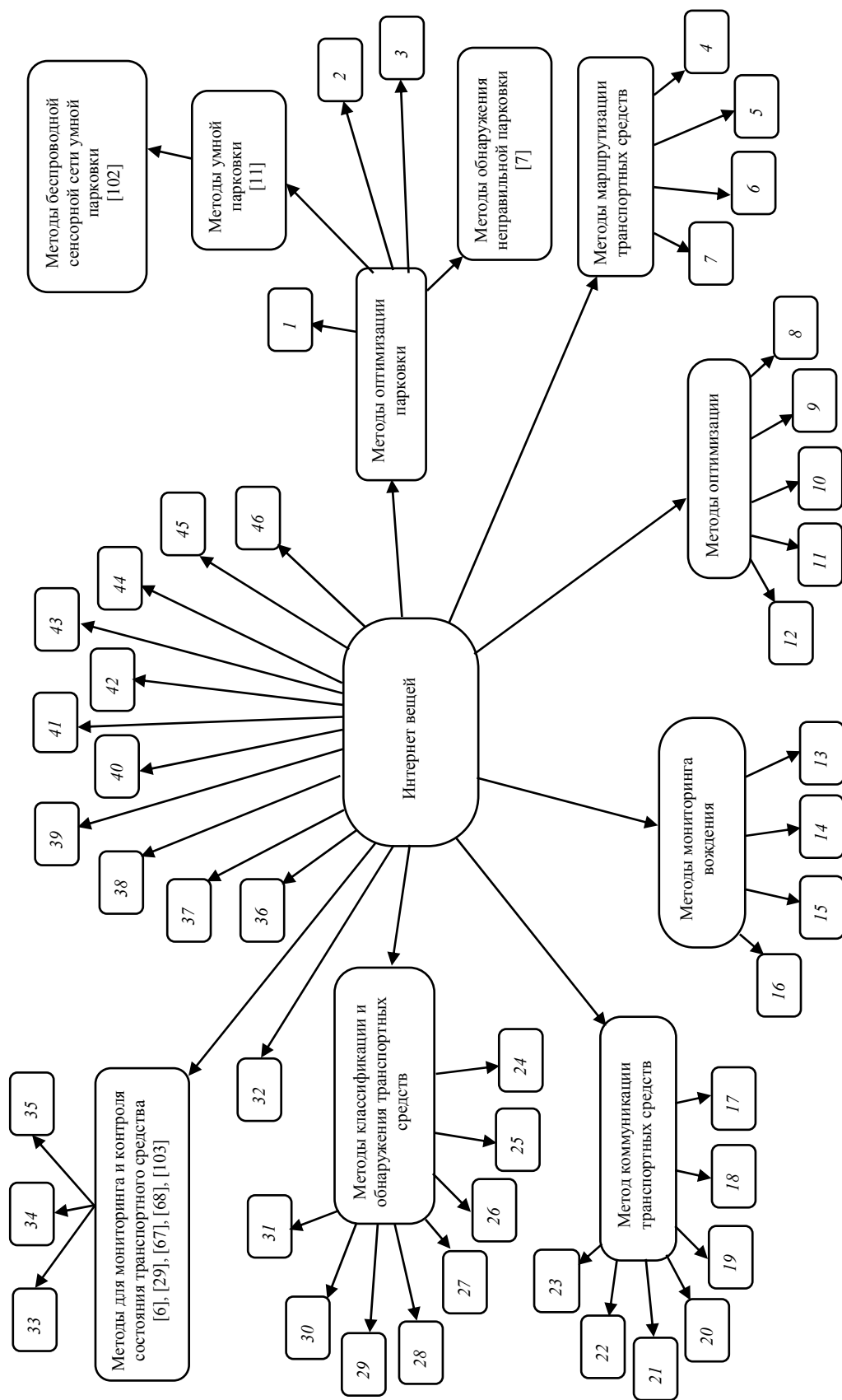


Рис. 10. Основные методы исследований  
 Fig. 10. Basic Research Methods

записи и декодирования CAN-шины [30], [35], [36], [71]; 36 – предоставления шлюза доступа IoV для управления входящим трафиком данных автомагистрали при помощи Ethernet [55]; 37 – интеграции сети Петри по времени (проверка безопасности Интернета вещей) [89]; 38 – мониторинга и классификации состояний дорог [8], [28], [32], [38], [84], [92], [99]; 39 – сопряжения устройства интернета вещей и видеообъекта [34]; 40 – интеллектуального подключения транспортного средства [41]; 41 – оценки рисков при вождении [25], [52], [71], [72], [77]; 42 – применения игр с дополненной реальностью для обучения [42], [78], [85], [107]; 43 – физической цепочки поставок в сети Интернет [95]; 44 – сохранения конфиденциальности местоположения [61], [108]; 45 – повышения безопасности транспортного движения [2], [26], [31], [43], [100], [104], [105]; 46 – распространение экстренных сообщений [90].

Методы повышения безопасности транспортного движения основаны на возможности минимизации повреждений и рисков при использовании транспортных средств. Здесь используется синтез технологий компьютерного зрения и данных, полученных с датчиков.

Методы маршрутизации транспортных средств основаны на определении местоположения транспортных средств за счет использования технологий навигации и построения оптимального маршрута движения, или технологий перестроения автотранспортных средств. Для определения положения используются GPS-модули, встроенные в автомобиль, или GPS-модули мобильных телефонов; также для определения положения автомобилей друг относительно друга могут использоваться видекамеры: как уличные, так и специально установленные на автомобилях.

Методы мониторинга и классификации состояния дорог собирают информацию о состоянии дорожного полотна и его влияния на транспортные средства. Для анализа дорожного полотна используются специально установленные камеры, радары под автомобилями и другие датчики.

Методы оценки рисков при вождении опираются на математические модели, основанные на теории игр и вероятностные оценки. Методы могут быть использованы в системах помощи водителям Advanced Driver Assistance Systems.

Методы оптимизации основываются на нахождении функции минимизации потерь и применяются как в управлении маршрутизацией

транспортных средств, так и в распределении нагрузки на вычислительные ресурсы и сети.

Для методов маршрутизации транспортных средств основным объектом исследования является время в пути, проведенное автомобилем. Это позволяет проанализировать состояние дорожного полотна, трафик, кратчайший маршрут и другие факторы, влияющие на время в пути.

Основные цели методов управления парковкой заключаются в оптимизации использования парковочных мест для экономии места, а также в минимизации времени, затраченного на нее. В данной группе методов можно выделить методы поиска парковочного места, а также методы переключения парковки и прогнозирование нахождения парковочного места за счет бронирования парковки, при котором другие автомобили получают информацию и планируют свои действия в соответствии с ней.

**Обзор направлений исследований.** Наблюдается тенденция к развитию экологического направления и подходов к снижению выбросов при управлении как традиционными транспортными средствами, так и электромобилями, внедрение умных электросетей, подходов к передаче энергии на расстоянии.

В области мониторинга активно развиваются модели и методы построения профиля объектов, в частности технологии построения цифровых двойников и предсказания их поведения, что позволяет оптимизировать процессы стратегического планирования.

Развитие методов искусственного интеллекта в области оптимизации управления объектов, подключенных к IoT, переходит на этап построения многоуровневых нейронных сетей, формирование гибридного искусственного интеллекта, применение технологий e-learning и федеративного обучения. Однако это требует использование программно-определяемых распределенных сетевых структур с заданным уровнем доверия. Поэтому возникает необходимость в разработке методов и моделей совместных коммуникаций и использования вычислительных ресурсов. Указанные тенденции выдвигают новые задачи в таких областях сетевой передачи данных, как управление сетью беспилотных автотранспортных средств через беспроводные и сенсорные сети, формирование динамической сетевой инфраструктуры, систем самовосстановления.

Усиливается интерес не только к применению теории игр, но и к внедрению игрового модели-

рования, особенно в задачах идентификации поведения водителя, в частности – стиля вождения.

Анализ перспективных направлений развития технологий интернета вещей в интеллектуальных транспортных системах показал, что разработка осложняется очень большим количеством различных устройств и реальных процессов функционирования исследуемых объектов и множеством характеристик, идентифицирующих то или иное состояние.

В этих условиях возникает необходимость разработки методов синтеза алгоритмов управления автотранспортными средствами, позволяющих учитывать динамические изменения как самого объекта, так и окружающей среды. Это обеспечит гибкость и снижение сложности задач прогнозирования поведения объектов. В этих условиях также целесообразной представляется проработка механизмов самоидентификации автотранспортных средств.

**Заключение.** Анализом публикаций по развитию технологий интернета вещей в интеллектуальных транспортных системах подтверждается актуальность научного направления. Значи-

тельная деятельность сосредоточена на разработке методов машинного обучения, применения нейронных сетей, а также методы статистической обработки информации в области классификации и обнаружения транспортных средств и построения профиля автотранспортного средства. Усиливающиеся тенденции с использованием методов частотно-временного анализа в области создания динамического профиля, как самого транспортного средства, так и водителя. Отдельное направление исследований формируется в области экологического вождения. Анализ тенденций развития позволяет сформировать представление о перспективах в области IoT, в частности о стратегии перспективных динамических методов управления безопасностью киберфизических устройств, позволяющих автоматизировать управление беспилотными транспортными средствами. Совокупность применения описанных методов в будущем позволяет перейти к автоматизированному мониторингу автотранспортных средств и оптимизации управления ими за счет применения технологий самовосстанавливающихся кибербезопасных объектов.

#### Список литературы

1. Blaszkę M., Kostek B. Support Vector Machine Applied to Road Traffic Event Classification // 12<sup>th</sup> Intern. Road Safety Conf. GAMBIT. MATEC Web Conf., 2018. No. 231. P. 8. URL: [https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2018/90/matecconf\\_gambit2018\\_0401/matecconf\\_gambit2018\\_04001.html](https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2018/90/matecconf_gambit2018_0401/matecconf_gambit2018_04001.html) (дата обращения 05.08.2022).
2. Zhao X., Lu, T., Dai Y. Individual Driver Crash Risk Classification Based on IoV Data and Offline Consumer Behavior Data // Mobile Information Systems. 2021. Vol. 2021, 1. P. 1–10.
3. Machine learning technologies for secure vehicular communication in Internet of Vehicles: Recent Advances and Applications / Ali E. S., Hasan M. K., Hassan R., Saeed R. A., Hassan M. B., Islam S., Nafi N. S., Bevinakoppa S. // Security and Communication Networks. 2021. URL: <https://www.hindawi.com/journals/scn/2021/8868355> (дата обращения 05.06.2022).
4. Vehicle classification and speed estimation based on a single magnetic sensor / W. Li, Z. Liu, Y. Hui, L. Yang, R. Chen, X. Xiao // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 126814–126824. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3008483.
5. Driving behaviour analysis using machine and deep learning methods for continuous streams of vehicular data / N. Peppes, T. Alexakis, E. Adamopoulou, K. Demestichas // Sensors. 2021. Vol. 21(14) P. 4704. doi: 10.3390/s21144704. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/14/4704> (дата обращения 05.08.2022).
6. Intelligent diagnosis system for Vehicle Network based on BP Neural Network / J. Ma, D. Li, Y. Lu, J. Chen // IOP Conf. Series Materials Science and Engineering. URL: [https://www.researchgate.net/publication/329627411\\_Intelligent\\_Diagnosis\\_System\\_for\\_Vehicle\\_Network\\_Based\\_on\\_BP\\_Neural\\_Network](https://www.researchgate.net/publication/329627411_Intelligent_Diagnosis_System_for_Vehicle_Network_Based_on_BP_Neural_Network) (дата обращения 05.08.2022).
7. Smart parking system for monitoring cars and wrong parking / F. Alshehri, A. H. M. Almwagani, A. Alqahtani, A. Alqahtani // 2019 2<sup>nd</sup> Intern. Conf. on Computer Applications & Information Security (ICCAIS). IEEE, 2019. P. 1–6. doi: 10.1109/CAIS.2019.8769463.
8. Realization of Internet of Vehicles technology integrated into an augmented reality system / N.-S. Pai, P.-Y. Chen, S.-A. Chen, S.-X. Chen // J. of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control. 2020. No. 39(3). P. 704–719. doi: 10.1177/1461348419835054.
9. Brozova H., Ruzicka, M. The prediction of parking space availability // Transport. 2020. No 35(5). P. 462–473. doi: 10.3846/transport.2020.14016.
10. Design and implementation monitoring and booking systems for smart parking at engineering faculty campus / M. Anshar, R. Sadjad, S. Dewiani, M. Hanan, R. Prayudha, M. Abry // The 3<sup>rd</sup> EPI Intern. Conf. on Sci. and Engin. 2019 (EICSE2019). URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/875/1/012036/meta> (дата обращения 05.08.2022).
11. Canli H., Toklu S. Deep learning-based mobile application design for smart parking // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 61171–61183. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3074887.
12. Intelligent traffic flow prediction using optimized gru model / B. Hussain, M. K. Afzal, S. Ahmad,

A. M. Mostafa // IEEE Access, 2021. Vol. 9. P. 100736–100746. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3097141.

13. Aiding traffic prediction servers through self-localization to increase stability in complex vehicular clustering / I. Ahmad, R. Noor, R. Alroobaea, M. Talha, Zaheed Ahmed, U. Habiba, I. Ali // Complexity. 2021. Vol. 2021. P. 11. doi: 10.1155/2021/6627539.

14. Convolutional neural network based vehicle classification in adverse illuminous conditions for Intelligent Transportation Systems / M. A. Butt, A. M. Khattak, S. Shafique, M. W. Sajid A. Ayub, F. Adnan // Complexity. 2021. Vol. 2021, P. 1–11. doi: 10.1155/2021/6644861.

15. Fernández-Llorca D., Hernández Martínez A., García Daza I. Vision-based vehicle speed estimation. A survey // IET Intell. Transp. Syst. 2021. No. 15. P. 987–1005. doi: 10.1049/itr2.12079.

16. Al-Tameemi M. I. RMSRS: Rover multi-purpose surveillance robotic system // Baghdad Sci. J. 2020. Vol. 17, no. 3. P. 1049.

17. Dalarmelina N. do V., Teixeira M. A., Meneguette R. A real-time automatic plate recognition system based on optical character recognition and wireless sensor networks for ITS // Sensors. 2020. No. 20(1). P. 55. doi: 10.3390/s20010055.

18. Event-based microservices with Apache Kafka Streams: A real-time Vehicle Detection System based on type, color, and speed attributes / S. Kul, I. Tashiev, A. Şentaş, A. Sayar // IEEE Access. 2021. No. 9. P. 83137–83148. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3085736.

19. A machine learning based personalized system for driving state recognition / D. Yi, J. Su, C. Liu, M. Qudus, W.-H. Chen // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2019. No. 105. P. 241–261. doi: 10.1016/j.trc.2019.05.042.

20. Multi-EmoNet: A novel multi-task neural network for driver emotion recognition / Y. Cui, Y. Ma, W. Li, N. Bian, G. Li, D. Cao // IFAC-PapersOnLine. 2020. Vol. 53, no. 5. P. 650–655. doi: 10.1016/j.ifacol.2021.04.155.

21. An intelligent safety system for human-centered semi-autonomous vehicles / H. A. Khojasteh, A. A. Ali-pour, E. Ansari, P. Razzaghi. URL: [https://www.researchgate.net/publication/329568310\\_An\\_Intelligent\\_Safety\\_System\\_for\\_Human-Centered\\_Semi-Autonomous\\_Vehicles](https://www.researchgate.net/publication/329568310_An_Intelligent_Safety_System_for_Human-Centered_Semi-Autonomous_Vehicles) (дата обращения 05.08.2022).

22. Nouh R., Singh M., Singh D. SafeDrive: Hybrid recommendation system architecture for early safety predication using Internet of vehicles // Sensors. 2021. No. 21(11). P. 3893. doi:10.3390/s21113893.

23. Proposed simple determining sleepiness scale driver with EAR, MAR and HR the SLIFA devices on Truck and Bus / H. Pranoto, A. M. Leman, D. Sebayang, H. Wahyudi // Intern. Conf. on Design, Engin. and Computer Sci. Jakarta, Indonesia, 2018. Vol. 453. P. 20189.

24. Data anomaly detection for internet of vehicles based on Traffic Cellular Automata and Driving Style / N. Ding, H. Ma, C. Zhao, Y. Ma, H. Ge // Sensors. 2019. No. 19(22). P. 4926. doi: 10.3390/s19224926.

25. Real-time estimation and prediction of tire forces using digital map for driving risk assessment / K. Jiang, D. Yang, S. Xie, Z. Xiao, A. C. Victorino, A. Charara // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2019. No. 107. P. 463–489. doi: 10.1016/j.trc.2019.08.016.

26. Implementation of two robotic flagmen controlled by CAN messages to increase the safety of human workers in road maintenance / D. Flores, G. Alonso, D. Prieto, M. Corral, A. Camargo, B. Perez // J. of Appl. Research and Technology. 2020. No. 18(4). P. 169–177. doi: 10.22201/icat.24486736e.2020.18.4.1191.

27. Implementation of high performance traffic management system using novel blockade mechanism / K. R. Prasanna, R. Menaka, P. P. Ram, M. Rithul // Intern. Conf. on Recent Developments in Robotics, Embedded and Internet of Things (ICRDREIOT2020). Tamil Nadu, India. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/994/1/012028/> (дата обращения 05.08.2022).

28. Cabral F. S., Fukai H., Tamura S. Feature extraction methods proposed for speech recognition are effective on road condition monitoring using smartphone inertial sensors // Sensors. 2019. No. 19(16). P. 3481. doi: 10.3390/s19163481.

29. Mobile Security Vehicle's based on Internet of Things / H. Muchammad, R. V. H. Ginardi, K. Gozali, R. Rahman, A. S. Indrawanti, M. I. Senoaji // J. of Robotics and Control (JRC) [Online]. 2021. P. 546–551. URL: [https://www.researchgate.net/publication/354738411\\_Mobile\\_Security\\_Vehicle's\\_based\\_on\\_Internet\\_of\\_Things](https://www.researchgate.net/publication/354738411_Mobile_Security_Vehicle's_based_on_Internet_of_Things) (дата обращения 05.08.2022).

30. Ngo P., Sprinkle J. Lightweight LSTM for CAN signal decoding // Proc. of the Workshop on Data-Driven and Intelligent Cyber-Physical Systems (DI-CPS'21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2021. P. 27–31. doi: 10.1145/3459609.3460528.

31. Subhashini G., Albanna A. A. Raed Abdulla. Integrate for car brake failure and engine overheat system. // Indonesian J. of Electrical Engineering and Computer Science. 2020. Vol. 20, no. 3. P. 1299–1308. doi: 10.11591/ijeecs.v20.i3.pp1299-1308.

32. Staniek M. Road pavement condition diagnostics using smartphone-based data crowdsourcing in smart cities // J. of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2021. Vol. 8, no. 4. P. 554–567. doi: 10.1016/j.jtte.2020.09.004.

33. Lewandowski M., Płaczek B., Bernas B. Szymała P. Road traffic monitoring system based on mobile devices and Bluetooth low energy beacons // Wireless Communications and Mobile Computing. doi: 10.1155/2018/3251598. URL: <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2018/3251598/> (дата обращения 05.08.2022).

34. Tong K.-L., Wu K.-R., Tseng Y.-C. The Device-object pairing problem: Matching IoT devices with video objects in a multi-camera environment // Sensors. 2021. No. 21(16). P. 5518. doi: 10.3390/s21165518.

35. Bunting M., Bhadani R., Sprinkle J. Libpanda: A high performance library for Vehicle Data Collection // Proc. of the Workshop on Data-Driven and Intelligent

Cyber-Physical Systems (DI-CPS'21). New York, NY, USA, 2021. P. 32–40. doi: 10.1145/3459609.3460529.

36. From CAN to ROS: A monitoring and data recording bridge / S. Elmadani, M. Nice, M. Bunting, J. Sprinkle, R. Bhadani // Proc. of the Workshop on Data-Driven and Intelligent Cyber-Physical Systems (DI-CPS'21). Association for Computing Machinery. New York, NY, USA, 2021. P. 17–21. doi: 10.1145/3459609.3460531.

37. Puchianu C. M., Bautu E. Conceptual and ontological modeling of In-Vehicle Life-logging Software Systems // Proc. Comp. Sci. 2020. No. 176. P. 2635–2644. doi: 10.1016/j.procs.2020.09.304.

38. Brustad T. F., Pedersen A., Bang B. A field study of sensors for winter road assessment // Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. 2020. No. 7. P. 100206. doi: 10.1016/j.trip.2020.100206.

39. Queue intensity adaptive signal control for isolated intersection based on Vehicle Trajectory Data / J. Yin, P. Chen, K. Tang, J. Sun // J. of Advanced Transportation. 2021. no. 2021. P. 8922. doi: 10.1155/2021/8838922. URL: <https://downloads.hindawi.com/journals/jat/2021/8838922.pdf> (дата обращения 05.08.2022).

40. Deng K. Anomaly detection of highway vehicle trajectory under the Internet of Things converged with 5G Technology // Complexity. 2021. doi: 10.1155/2021/9961428. URL: <https://www.hindawi.com/journals/complexity/2021/9961428/> (дата обращения 05.08.2022).

41. STEIM: A spatiotemporal event interaction model in V2X Systems based on a time period and a raster map / C. Xu, H. Luo, H. Bao, P. Wang // Mobile Information Systems. 2020. No. 2020. doi: 10.1155/2020/1375426. URL: <https://www.hindawi.com/journals/misy/2020/1375426/> (дата обращения 05.08.2022).

42. Driver's lane selection model based on phase-field coupling and multiplayer dynamic game with incomplete information / X. Wang, F. Wang, D. Kong, Y. Liu, L. Liu, C. Chen // J. of Advanced Transportation. 2018. doi: 10.1155/2018/2145207. URL: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2018/2145207/> (дата обращения 05.08.2022).

43. Balasekaran G., Jayakumar S., Pérez de Prado R. An intelligent task scheduling mechanism for autonomous vehicles via deep learning // Energies. 2021. No. 14(6). P. 1788. doi: 10.3390/en14061788.

44. Distributed architecture for unmanned vehicle services / J. Ramos, R. Ribeiro, D. Safadinho, J. Barroso, C. Rabadão, A. Pereira // Sensors. 2021. No. 21(4). P. 1477. doi: 10.3390/s21041477.

45. Method to increase dependability in a Cloud-Fog-Edge Environment / O. P. Stan, S. Enyedi, C. Corches, S. Flonta, I. Stefan, D. Gota, L. Miclea // Sensors. 2021. No. 21(14). P. 4714. doi: 10.3390/s21144714.

46. An optimal control strategy design for plug-in hybrid electric vehicles based on Internet of Vehicles / Y. Zhang, Y. Liu, Y. Huang, Z. Chen, G. Li, W. Hao, G. Cunningham, J. Early // Energy. 2021. No. 228. P. 120631. doi: 10.1016/j.energy.2021.120631.

47. Moisture computing-based Internet of Vehicles (IoV) architecture for Smart Cities / A. Tufail, A. Namoun,

A. A. Abi Sen, K.-H. Kim, A. Alrehaili, A. Ali // Sensors. 2021. No. 21(11). P. 3785. doi: 10.3390/s21113785.

48. Ma W., Mashayekhy L. Privacy-by-design distributed offloading for vehicular edge computing // Proc. of the 12<sup>th</sup> IEEE/ACM Intern. Conf. on Utility and Cloud Computing (UCC'19). New York, NY, USA, 2019. P. 101–110. doi: 10.1145/3344341.3368804.

49. Gu X., Zhang G., Cao Y. Cooperative mobile edge computing – cloud computing in Internet of vehicle: Architecture and energy-efficient workload allocation // Transactions on Emerging Telecommunications Technol. 2021. No. 32. P. 4095. doi: 10.1002/ett.4095.

50. Real time localization solution for land vehicle application using low-cost integrated sensors with GPS / A. Kamel, M. Elhabiby, A. Eldesoky, H. Elhennawy // J. of Appl. Research and Technol. 2020. No. 18(4). P. 214–228. doi: 10.22201/icat.24486736e.2020.18.4.1196.

51. Driving pattern profiling and classification using deep learning / M. Malik, R. Nandal, S. Dalal, V. Jalglan, D. Le // Intelligent Automation & Soft Computing. 2021. Vol. 28, no. 3. P. 887–906.

52. Effect of vehicle technical condition on real-time driving risk management in Internet of Vehicles: Design and performance evaluation of an integrated fuzzy-based system / K. Bylykbashi, E. Qafzezi, P. Ampririt, M. Ikeda, K. Matsuo, L. Barolli // Internet of Things. 2021. No. 13. P. 100363. doi: 10.1016/j.iot.2021.100363.

53. Research on a task offloading strategy for the Internet of Vehicles based on reinforcement learning / S. Xiao, S. Wang, J. Zhuang, T. Wang, J. Liu // Sensors. 2021. No. 18. P. 6058. doi: 10.3390/s21186058.

54. Computing resource allocation scheme of IOV using deep reinforcement learning in edge computing environment / Y. Zhang, M. Zhang, C. Fan, F. Li // EURASIP J. Adv. Signal Process. 2021. No. 33. P. 3–19. doi: 10.1186/s13634-021-00750-6.

55. Kim D.-Y., Jung M., Kim S. An Internet of Vehicles (IoV) access gateway design considering the efficiency of the In-Vehicle Ethernet Backbone // Sensors. 2021. No. 1. P. 98. doi: 10.3390/s21010098. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/1/98> (дата обращения 05.08.2022).

56. LPWAN-based hybrid backhaul communication for intelligent transportation systems: architecture and performance evaluation / T. Shahgholi, A. Sheikahmadi, K. Khamforoosh, S. Azizi // J Wireless Com. Networ. 2021. No. 35. P. 1918. doi: 10.1186/s13638-021-01918-2.

57. Salim A., Al-Hemairy E. H. Communication module for V2X applications using embedded systems // J. of Phys. Conf. Series. 2021. No. 1. P. 012112. doi: 10.1088/1742-6596/1933/1/012112.

58. TEI-DTA: Optimizing a vehicular sensor network operating with ultra-low power system-on-chips / S.-Y. Lee, J.-H. Lee, J. Lee, W. Lee // Electronics. 2021. No. 10(15). P. 1789. doi: 10.3390/electronics10151789.

59. An intelligent forwarding strategy in SDN-enabled named-data IoV / A. Tariq, I. U. Din, R. A. Rehman, B. Kim // CMC-Computers, Materials & Continua. 2021. No. 69(3). P. 2949–2966.

60. Torres A. P. A., Silva C. B. D., Filho H. T. An experimental study on the use of LoRa technology in vehicle communication // *IEEE Access*. 2021. No. 9. P. 26633–26640. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3057602.
61. WHISPER: A location privacy-preserving scheme using transmission range changing for Internet of vehicles / M. Babaghayou, N. Labraoui, A. A. Abba Ari, M. A. Ferrag, L. Maglaras, H. Janicke // *Sensors*. 2021. No. 21(7). P. 2443.
62. Sidiropoulos G. K., Papakostas G. A. Machine biometrics-towards identifying machines in a Smart City Environment. doi: 10.1109/AlloT52608.2021.9454230. URL: <https://www.researchgate.net/profile/George-Sidiropoulos-3> (дата обращения 05.08.2022).
63. A Blockchain-based key management and green routing scheme for Vehicular Named Data Networking / H. Liu, R. Zhu, J. Wang, W. Xu. doi: 10.1155/2021/3717702. URL: <https://www.hindawi.com/journals/scn/2021/3717702/> (дата обращения 05.08.2022).
64. Hierarchical hybrid trust management scheme in SDN-Enabled VANETs / M. Mao, P. Yi, T. Hu, Z. Zhang, X. Lu, J. Lei. URL: <https://www.hindawi.com/journals/misy/2021/7611619/> (дата обращения 05.08.2022).
65. Multimodel anomaly detection on spatio-temporal logistic datastream with open anomaly detection architecture / T. Oktay, E. Yoğurtçuoğlu, R. N. Sarıkaya, A. R. Karaca, M. F. Kömürçü, A. Sayar. doi: 10.1016/j.eswa.2021.115755. URL: <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S0957417421011301> (дата обращения 05.08.2022).
66. Real-time in-vehicle air quality monitoring system using machine learning prediction algorithm / C. C. Goh, L. M. Kamarudin, A. Zakaria, H. Nishizaki, N. Ramli, X. Mao, S. M. M. Syed Zakaria, E. Kanagaraj, A. S. Abdull Sukor, M. F. Elham // *Sensors*. 2021. No. 15. P. 4956. doi: 10.3390/s21154956.
67. Combining a universal OBD-II module with deep learning to develop an eco-driving analysis system / M.-H. Yen, S.-L. Tian, Y.-T. Lin, C.-W. Yang, C.-C. Chen // *Appl. Sci.* 2021. No. 11. P. 4481. doi: 10.3390/app11104481.
68. Research on production vehicle evaluation method of China VI OBD for light-duty vehicles / J. Ling, Y. Li, J. Li, Y. Yan // *4<sup>th</sup> Intern. Conf. on Material Sci. and Technol.* URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/774/1/012144/pdf> (дата обращения 05.08.2022).
69. Effect analysis of early warning for abandoned object on highway based on Internet-of-Vehicles CA Model / J. Bao, W. Chen, Z. Xiang, Y. Chen, Y. Shui // *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2018. doi: 10.1155/2018/3821731. URL: <https://www.hindawi.com/journals/ddns/2018/3821731/> (дата обращения 05.08.2022).
70. Driving style recognition system using smartphone sensors based on fuzzy logic / N. Kalra, R. K. Goyal, A. Parashar, J. Singh, G. Single // *CMC-Computers, Materials & Continua*. 2021. No. 69(2). P. 1967–1978.
71. CAN-based aging monitoring technique for automotive ASICs with efficient soft error resilience / J. Kim, M. Ibtesam, D. Kim, J. Jung, S. Park // *IEEE Access*. 2020. No. 8. P. 22400–2241 (дата обращения 05.08.2022).
72. Li Y., Wang M. Research on management and control strategy of E-bikes based on attribute reduction method *Applied Mathematics and Nonlinear // Sciences*. 2021. Vol. 6. No. 2. P. 161–170.
73. Smart dynamic traffic monitoring and enforcement system / Y. El-Hansali, F. Outay, A. Yasar, S. Farrag, M. Shoaib, M. Imran, H. H. Awan // *Computers, Materials & Continua*. 2021. Vol. 67, no. 3. P. 2797–2806.
74. Integrated framework of vehicle dynamics, instabilities, energy models, and sparse flow smoothing controllers / J. W. Lee, G. Gunter, R. Ramadan, S. Almatrudi, P. Arnold, J. Aquino, W. Barbour, R. Bhadani, J. Carpio, F.-C. Chou, M. Gibson, X. Gong, A. Hayat, N. Khoudari, A. R. Kreidieh, M. Kumar, N. Lichtlé, S. McQuade, B. Nguyen, M. Ross, S. Truong, E. Vinitzky, Y. Zhao, J. Sprinkle, B. Piccoli, A. M. Bayen, D. B. Work, B. Seibold // *Proc. of the Workshop on Data-Driven and Intelligent Cyber-Physical Systems (DI-CPS'21)*. New York, NY, USA, 2021. P. 41–47. doi: 10.1145/3459609.3460530 (дата обращения 05.08.2022).
75. A parallel meta-heuristic approach to reduce vehicle travel time in Smart Cities / H. Rico-Garcia, J.-L. Sanchez-Romero, A. Jimeno-Morenilla, H. Migallon-Gomis // *Appl. Sci.* 2021. No. 11(2). P. 818. doi: 10.3390/app11020818. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/2/818> (дата обращения 05.08.2022).
76. Driving risk assessment using near-miss events based on panel Poisson regression and panel negative binomial regression / S. Sun, J. Bi, M. Guillen, A. M. Pérez-Marín // *Entropy*. 2021. No. 23(7). P. 829. doi: 10.3390/e23070829.
77. Fu E., Li X., Yao Z. Personnel emotion recognition model for Internet of vehicles security monitoring in community public space // *EURASIP J. Adv. Signal Process.* 2021. No. 81. doi: 10.1186/s13634-021-00789-5. URL: <https://asp-eurasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/s13634-021-00789-5> (дата обращения 05.08.2022).
78. IoT sensing for reality-enhanced serious games, a fuel-efficient drive use case / R. Massoud, R. Berta, S. Poslad, A. De Gloria, F. Bellotti // *Sensors*. 2021. No. 10. P. 3559. doi: 10.3390/s21103559.
79. Pan B., Wu H. Success probability analysis of C-V2X communications on irregular Manhattan grids. doi: 10.1155/2020/2746038. URL: <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2020/2746038/> (дата обращения 05.08.2022).
80. Alluhaidan A., Alluhaidan M. S., Basheer S. Internet of Things based intelligent transportation of food products during COVID // *Wireless Pers Commun.* 2021. doi: 10.1007/s11277-021-08777-6. URL: [https://www.researchgate.net/publication/354053770\\_Internet\\_of\\_Things\\_Based\\_Intelligent\\_Transportation\\_of\\_Food\\_Products\\_During\\_COVID](https://www.researchgate.net/publication/354053770_Internet_of_Things_Based_Intelligent_Transportation_of_Food_Products_During_COVID) (дата обращения 05.08.2022).
81. A joint reliable transport strategy in Internet of Vehicles / Z. Wang, H. Zhou, B. Feng, Y. Zhang // *Electronics*. 2019. No. 8(9). P. 926. doi: 10.3390/electronics8090926. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/8/9/926> (дата обращения 05.08.2022).
82. Time for relative velocity optimal time approach in internet of vehicle communication / S. Mohmmad, M. A. Shaik, R. Dadi, S. N. Pasha, S. B. P. Yadav // *Intern. Conf. on Recent Advancements in Engineering and Management (ICRAEM-2020)*. Warangal, India. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/981/2/022053/> (дата обращения 05.08.2022).

83. New discrete Cuckoo search optimization algorithms for effective route discovery in IoT-based vehicular Ad-Hoc Networks / H. Bello-Salau, A. J. Onumanyi, A. M. Abu-Mahfouz, A. O. Adejo, M. B. Mu'Azu // IEEE Access. 2020. No. 8. P. 145469–145488. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3014736.
84. Hybrid policy learning for multi-agent pathfinding / A. Skrynnik, A. Yakovleva, V. Davydov, K. Yakovlev, A. I. Panov // IEEE Access. 2021. No. 9. P. 126034–126047. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3111321.
85. Jain N., Mittal S. Bayesian nash equilibrium based gaming model for eco-safe driving // J. of King Saud University – Comp. and Information Sci. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157821001713> (дата обращения 05.08.2022).
86. An automatic emergency braking model considering driver's intention recognition of the front vehicle / W. Yang, J. Liu, K. Zhou, Z. Zhang. doi: 10.1155/2020/5172305. URL: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2020/5172305/> (дата обращения 05.08.2022).
87. Realization of Internet of vehicles technology integrated into an augmented reality system / N.-S. Pai, P.-Y. Chen, S.-A. Chen, S.-X. Chen // J. of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control. 2020. No. 39(3). P. 704–719. doi: 10.1177/1461348419835054.
88. Communication-free multi-agent coordination in an unknown environment / J. Kulchyk, B. Schonewille, R. Ean, K. Rudie // IFAC-PapersOnLine. 2020. Vol. 53, no. 4. P. 159–165. doi: 10.1016/j.ifacol.2021.04.062.
89. Liu Y., Huang L., Chen J. Formal verification on the safety of Internet of Vehicles based on TPN and Z // Math. Problems in Engin. doi: 10.1155/2020/6618168. URL: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2020/6618168/> (дата обращения 05.08.2022).
90. A probabilistic broadcasting scheme for emergent message dissemination in Urban Internet of Vehicles / P. Li, Y. Zeng, C. Li, L. Chen, H. Wang, C. Chen // IEEE Access. 2021. No. 9. P. 113187–113198. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3103843.
91. Deployment of autonomous trains in rail transportation: Current trends and existing challenges / P. Singh, M. A. Dulebenets, J. Pasha, E. D. R. S. Gonzalez, Y.-Y. Lau, R. Kampmann // IEEE Access. 2021. No. 9. P. 91427–91461. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3091550.
92. Chouhan P., Jain S. Routing M. for Internet of Vehicles using Master of Controller in Road Awareness (MRMOC-IOV) // Intern. J. of Computer Networks and Applications (IJCNA). 2020. Vol. 7, no. 4. P 116–125.
93. Hu X., Zheng M. Research progress and prospects of vehicle driving behavior prediction // World Electr. Veh. J. 2021. No. 12. P. 88. doi: 10.3390/wevj12020088. URL: <https://www.mdpi.com/2032-6653/12/2/88/> (дата обращения 05.08.2022).
94. Computational framework for real-time diagnostics and prognostics of aircraft actuation systems / P. C. Berri, D. L. Matteo, D. Vedova, L. Mainini // Computers in Industry. 2021. Vol. 132. P. 103523. doi: 10.1016/j.compind.2021.103523. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361521001305> (дата обращения 05.08.2022).
95. Puskás, E., Budai Á., Bohács G. Optimization of a physical Internet based supply chain using reinforcement learning // Eur. Transp. Res. Rev. 12, 47 (2020). doi: 10.1186/s12544-020-00437-3. URL: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-020-00437-3#citeas/m> (дата обращения 05.08.2022).
96. Task offloading in vehicular edge computing networks: A load-balancing solution / J. Hang, H. Guo, J. Liu, Y. Zhang // IEEE Transactions on Vehicular Technol. 2020. Vol. 69, no. 2. P. 2092–2104. doi: 10.1109/TVT.2019.2959410.
97. Effect analysis of emotions on driving intention in two-lane environment / X. Wang, Y. Liu, J. Han, S. Liu, Y. Xia, H. Zhao. doi: 10.1177/1687814019846996/. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1687814019846996/> (дата обращения 05.08.2022).
98. Di Martino S., Origlia A. Exploiting recurring patterns to improve scalability of parking availability prediction systems // Electronics. 2020. No. 9(5). P. 838. doi: 10.3390/electronics9050838. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/5/838> (дата обращения 05.08.2022).
99. A Center-rule-based neighborhood search algorithm for roadside units deployment in emergency scenarios / Y. Shi, L. Lv, H. Yu, L. Yu, Z. Zhang // Mathematics. 2020. No. 8(10). P. 1734. doi: 10.3390/math8101734.
100. Shepelev V., Gritsenko A., Salimonenko G. Kontrola emisije ugljovodonika pri promeni tehničkog stanja izduvnog sistema kod modernih automobile // FME Transactions. 2021. Vol. 49, no. 3. P. 749–755. doi: 10.5937/fme2103749S.
101. A novel driving behavior learning and visualization method with natural gaze prediction / G. Yuan, Y. Wang, J. Peng, X. Fu // IEEE Access. 2021. No. 9. P. 18560–18568. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3054951.
102. MQTT\_SN\_QoS: an enhanced MQTT protocol for wireless sensor network in smart parking / H. Ouldzira, A. Mouhsen, M. Hassoun, R. Habachi, X. Elalami // Intern. J. of Emerging Trends in Engineering Research. 2020. No. 8(8). P. 4567–4573. URL: <https://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter85882020.pdf> (дата обращения 05.08.2022).
103. Noei S., Parvizimosaed M., Noei M. Longitudinal control for connected and automated vehicles in contested environments // Electronics. 2021. No. 10. P. 1994. doi: 10.3390/electronics10161994. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/16/1994> (дата обращения 05.08.2022).
104. A Novel Deep clustering method and indicator for time series soft partitioning / A. Eid, G. Clerc, B. Mansouri, S. Roux // Energies. 2021. No. 14. P. 5530. doi:10.3390/en14175530. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/17/5530> (дата обращения 05.08.2022).
105. Identification of driving safety profiles in vehicle to vehicle communication system based on vehicle OBD information / H. A. Ameen, A. K. Mahamad, S. Saon, R. Q. Malik, Z. H. Kareem, M. A. Bin Ahmadon, S. Yamaguchi // Information. 2021. No. 12(5). P. 194. doi: 10.3390/info12050194. URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/12/5/194> (дата обращения 05.08.2022).
106. Vehicle pedestrian detection method based on spatial pyramid pooling and attention mechanism / M. Guo, D. Xue, P. Li, H. Xu // Information. 2020. No. 11(12). P. 583. doi: 10.3390/info11120583. URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/11/12/583> (дата обращения 05.08.2022).

107. IoT Sensing for reality-enhanced serious games, a Fuel-efficient drive use case / R. Massoud, R. Berta, S. Poslad, A. De Gloria, F. Bellotti // *Sensors*. 2021. No. 21(10). P. 3559. doi: 10.3390/s21103559. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/10/3559> (дата обращения 05.08.2022).

108. Making connected cars untraceable via DSRC Radios / J. Lim, K. Kim, H. Yu, S.-B. Lee // *IEEE Access*.

2020. No. 8. P. 224932–224946. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3044331. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9293023> (дата обращения 05.08.2022).

109. Driving pattern profiling and classification using deep learning / M. Malik, R. Nandal, S. Dalal, V. Jalglan, D. Le // *Intelligent Automation & Soft Computing*. 2021. Vol. 28, no. 3. P. 887–906.

---

### Информация об авторах

**Фаткиева Роза Равильевна** – канд. техн. наук, доцент кафедры технологий защиты информации Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, д. 67, Санкт-Петербург, 190121, Россия.

E-mail: rikki2@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0003-4065-9611>

**Конева Анна Павловна** – студентка 4-го курса кафедры технологий защиты информации Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, д. 67, Санкт-Петербург, 190121, Россия.

E-mail: nyta-shewolf@yandex.ru

**Мустафина Алина Шамильевна** – студентка 4-го курса кафедры технологий защиты информации Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, д. 67, Санкт-Петербург, 190121, Россия.

E-mail: beluydrakon@vk.com

### References

1. Blaszkę M., Kostek B. Support Vector Machine Applied to Road Traffic Event Classification // 12<sup>th</sup> Intern. Road Safety Conf. GAMBIT. MATEC Web Conf., 2018. No. 231. P. 8. URL: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/90/mateconf\\_gambit2018\\_04001/mateconf\\_gambit2018\\_04001.html](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/90/mateconf_gambit2018_04001/mateconf_gambit2018_04001.html) (data obrasheniya 05.08.2022).

2. Zhao X., Lu, T., Dai Y. Individual Driver Crash Risk Classification Based on IoV Data and Offline Consumer Behavior Data // *Mobile Information Systems*. 2021. Vol. 2021, 1. P. 1–10.

3. Machine learning technologies for secure vehicular communication in Internet of Vehicles: Recent Advances and Applications / Ali E. S., Hasan M. K., Hassan R., Saeed R. A., Hassan M. B., Islam S., Nafi N. S., Bevinakoppa S. // *Security and Communication Networks*. 2021. URL: <https://www.hindawi.com/journals/scn/2021/8868355> (data obrasheniya 05.06.2022).

4. Vehicle classification and speed estimation based on a single magnetic sensor / W. Li, Z. Liu, Y. Hui, L. Yang, R. Chen, X. Xiao // *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 126814–126824. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3008483.

5. Driving behaviour analysis using machine and deep learning methods for continuous streams of vehicular data / N. Peppes, T. Alexakis, E. Adamopoulou, K. Demestichas // *Sensors*. 2021. Vol. 21(14) P. 4704. doi: 10.3390/s21144704. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/14/4704> (data obrasheniya 05.08.2022).

6. Intelligent diagnosis system for Vehicle Network based on BP Neural Network / J. Ma, D. Li, Y. Lu, J. Chen // *IOP Conf. Series Materials Science and Engineering*.

URL: [https://www.researchgate.net/publication/329627411\\_Intelligent\\_Diagnosis\\_System\\_for\\_Vehicle\\_Network\\_Based\\_on\\_BP\\_Neural\\_Network](https://www.researchgate.net/publication/329627411_Intelligent_Diagnosis_System_for_Vehicle_Network_Based_on_BP_Neural_Network) (data obrasheniya 05.08.2022).

7. Smart parking system for monitoring cars and wrong parking / F. Alshehri, A. H. M. Almajani, A. Alqahtani, A. Alqahtani // 2019 2<sup>nd</sup> Intern. Conf. on Computer Applications & Information Security (ICCAIS). IEEE, 2019. P. 1–6. doi: 10.1109/CAIS.2019.8769463.

8. Realization of Internet of Vehicles technology integrated into an augmented reality system / N.-S. Pai, P.-Y. Chen, S.-A. Chen, S.-X. Chen // *J. of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*. 2020. No. 39(3). P. 704–719. doi: 10.1177/1461348419835054.

9. Brozova H., Ruzicka, M. The prediction of parking space availability // *Transport*. 2020. No 35(5). P. 462–473. doi: 10.3846/transport.2020.14016.

10. Design and implementation monitoring and booking systems for smart parking at engineering faculty campus / M. Anshar, R. Sadjad, S. Dewiani, M. Hanan, R. Prayudha, M. Abry // The 3<sup>rd</sup> EPI Intern. Conf. on Sci. and Engin. 2019 (EICSE2019). URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/875/1/012036/meta> (data obrasheniya 05.08.2022).

11. Canli H., Toklu S. Deep learning-based mobile application design for smart parking // *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 61171–61183. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3074887.

12. Intelligent traffic flow prediction using optimized gru model / B. Hussain, M. K. Afzal, S. Ahmad, A. M. Mostafa // *IEEE Access*, 2021. Vol. 9. P. 100736–100746. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3097141.



13. Aiding traffic prediction servers through self-localization to increase stability in complex vehicular clustering / I. Ahmad, R. Noor, R. Alroobaea, M. Talha, Zaheed Ahmed, U. Habiba, I. Ali // *Complexity*. 2021. Vol. 2021. P. 11. doi: 10.1155/2021/6627539.
14. Convolutional neural network based vehicle classification in adverse illuminous conditions for Intelligent Transportation Systems / M. A. Butt, A. M. Khattak, S. Shafique, M. W. Sajid A. Ayub, F. Adnan // *Complexity*. 2021. Vol. 2021, P. 1–11. doi: 10.1155/2021/6644861.
15. Fernández-Llorca D., Hernández Martínez A., García Daza I. Vision-based vehicle speed estimation. A survey // *IET Intell. Transp. Syst.* 2021. No. 15. P. 987–1005. doi: 10.1049/itr2.12079.
16. Al-Tameemi M. I. RMSRS: Rover multi-purpose surveillance robotic system // *Baghdad Sci. J.* 2020. Vol. 17, no. 3. P. 1049.
17. Dalarmelina N. do V., Teixeira M. A., Meneguet R. A real-time automatic plate recognition system based on optical character recognition and wireless sensor networks for ITS // *Sensors*. 2020. No. 20(1). P. 55. doi: 10.3390/s20010055.
18. Event-based microservices with Apache Kafka Streams: A real-time Vehicle Detection System based on type, color, and speed attributes / S. Kul, I. Tashiev, A. Şentaş, A. Sayar // *IEEE Access*. 2021. No. 9. P. 83137–83148. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3085736.
19. A machine learning based personalized system for driving state recognition / D. Yi, J. Su, C. Liu, M. Qudus, W.-H. Chen // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2019. No. 105. P. 241–261. doi: 10.1016/j.trc.2019.05.042.
20. Multi-EmoNet: A novel multi-task neural network for driver emotion recognition / Y. Cui, Y. Ma, W. Li, N. Bian, G. Li, D. Cao // *IFAC-PapersOnLine*. 2020. Vol. 53, no. 5. P. 650–655. doi:10.1016/j.ifacol.2021.04.155.
21. An intelligent safety system for human-centered semi-autonomous vehicles / H. A. Khojasteh, A. A. Ali-pour, E. Ansari, P. Razzaghi. URL: [https://www.researchgate.net/publication/329568310\\_An\\_Intelligent\\_Safety\\_System\\_for\\_Human-Centered\\_Semi-Autonomous\\_Vehicles](https://www.researchgate.net/publication/329568310_An_Intelligent_Safety_System_for_Human-Centered_Semi-Autonomous_Vehicles) (data obrasheniya 05.08.2022).
22. Nouh R., Singh M., Singh D. SafeDrive: Hybrid recommendation system architecture for early safety predication using Internet of vehicles // *Sensors*. 2021. No. 21(11). P. 3893. doi: 10.3390/s21113893.
23. Proposed simple determining sleepiness scale driver with EAR, MAR and HR the SLIFA devices on Truck and Bus / H. Pranoto, A. M. Leman, D. Sebayang, H. Wahyudi // *Intern. Conf. on Design, Engin. and Computer Sci. Jakarta, Indonesia, 2018*. Vol. 453. P. 20189.
24. Data anomaly detection for internet of vehicles based on Traffic Cellular Automata and Driving Style / N. Ding, H. Ma, C. Zhao, Y. Ma, H. Ge // *Sensors*. 2019. No. 19(22). P. 4926. doi: 10.3390/s19224926.
25. Real-time estimation and prediction of tire forces using digital map for driving risk assessment / K. Jiang, D. Yang, S. Xie, Z. Xiao, A. C. Victorino, A. Charara // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2019. No. 107. P. 463–489. doi: 10.1016/j.trc.2019.08.016.
26. Implementation of two robotic flagmen controlled by CAN messages to increase the safety of human workers in road maintenance / D. Flores, G. Alonso, D. Prieto, M. Corral, A. Camargo, B. Perez // *J. of Appl. Research and Technology*. 2020. No. 18(4). P. 169–177. doi: 10.22201/icat.24486736e.2020.18.4.1191.
27. Implementation of high performance traffic management system using novel blockade mechanism / K. R. Prasanna, R. Menaka, P. P. Ram, M. Rithul // *Intern. Conf. on Recent Developments in Robotics, Embedded and Internet of Things (ICRDREIOT2020)*. Tamil Nadu, India. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/994/1/012028/> (data obrasheniya 05.08.2022).
28. Cabral F. S., Fukai H., Tamura S. Feature extraction methods proposed for speech recognition are effective on road condition monitoring using smartphone inertial sensors // *Sensors*. 2019. No. 19(16). P. 3481. doi: 10.3390/s19163481.
29. Mobile Security Vehicle's based on Internet of Things / H. Muchammad, R. V. H. Ginardi, K. Gozali, R. Rahman, A. S. Indrawanti, M. I. Senoaji // *J. of Robotics and Control (JRC)*. 2021. P. 546–551. URL: [https://www.researchgate.net/publication/354738411\\_Mobile\\_Security\\_Vehicle's\\_based\\_on\\_Internet\\_of\\_Things](https://www.researchgate.net/publication/354738411_Mobile_Security_Vehicle's_based_on_Internet_of_Things) (data obrasheniya 05.08.2022).
30. Ngo P., Sprinkle J. Lightweight LSTM for CAN signal decoding // *Proc. of the Workshop on Data-Driven and Intelligent Cyber-Physical Systems (DI-CPS'21)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2021. P. 27–31. doi: 10.1145/3459609.3460528.
31. Subhashini G., Albanna A. A. Raed Abdulla. Integrate for car brake failure and engine overheat system. // *Indonesian J. of Electrical Engineering and Computer Science*. 2020. Vol. 20, no. 3. P. 1299–1308. doi: 10.11591/ijeecs.v20.i3.pp1299-1308.
32. Staniek M. Road pavement condition diagnostics using smartphone-based data crowdsourcing in smart cities // *J. of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. 2021. Vol. 8, no. 4. P. 554–567. doi: 10.1016/j.jtte.2020.09.004.
33. Lewandowski M., Plączek B., Bernas B. Szymała P. Road traffic monitoring system based on mobile devices and Bluetooth low energy beacons // *Wireless Communications and Mobile Computing*. doi: 10.1155/2018/3251598. URL: <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2018/3251598/> (data obrasheniya 05.08.2022).
34. Tong K.-L., Wu K.-R., Tseng Y.-C. The Device-object pairing problem: Matching IoT devices with video objects in a multi-camera environment // *Sensors*. 2021. No. 21(16). P. 5518. doi: 10.3390/s21165518.
35. Bunting M., Bhadani R., Sprinkle J. Libpanda: A high performance library for Vehicle Data Collection // *Proc. of the Workshop on Data-Driven and Intelligent Cyber-Physical Systems (DI-CPS'21)*. New York, NY, USA, 2021. P. 32–40. doi: 10.1145/3459609.3460529.
36. From CAN to ROS: A monitoring and data recording bridge / S. Elmadani, M. Nice, M. Bunting, J. Sprinkle, R. Bhadani // *Proc. of the Workshop on Data-Driven and Intelligent Cyber-Physical Systems (DI-CPS'21)*. Association

tion for Computing Machinery. New York, NY, USA, 2021. P. 17–21. doi: 10.1145/3459609.3460531.

37. Puchianu C. M., Bautu E. Conceptual and ontological modeling of In-Vehicle Life-logging Software Systems // Proc. Comp. Sci. 2020. No. 176. P. 2635–2644. doi: 10.1016/j.procs.2020.09.304.

38. Brustad T. F., Pedersen A., Bang B. A field study of sensors for winter road assessment // Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. 2020. No. 7. P. 100206. doi: 10.1016/j.trip.2020.100206.

39. Queue intensity adaptive signal control for isolated intersection based on Vehicle Trajectory Data / J. Yin, P. Chen, K. Tang, J. Sun // J. of Advanced Transportation. 2021. no. 2021. P. 8922. doi: 10.1155/2021/8838922. URL: <https://downloads.hindawi.com/journals/jat/2021/8838922.pdf> (data obrasheniya 05.08.2022).

40. Deng K. Anomaly detection of highway vehicle trajectory under the Internet of Things converged with 5G Technology // Complexity. 2021. doi: 10.1155/2021/9961428. URL: <https://www.hindawi.com/journals/complexity/2021/9961428/> (data obrasheniya 05.08.2022).

41. STEIM: A spatiotemporal event interaction model in V2X Systems based on a time period and a raster map / C. Xu, H. Luo, H. Bao, P. Wang // Mobile Information Systems. 2020. No. 2020. doi: 10.1155/2020/1375426. URL: <https://www.hindawi.com/journals/misy/2020/1375426/> (data obrasheniya 05.08.2022).

42. Driver's lane selection model based on phase-field coupling and multiplayer dynamic game with incomplete information / X. Wang, F. Wang, D. Kong, Y. Liu, L. Liu, C. Chen // J. of Advanced Transportation. 2018. doi: 10.1155/2018/2145207. URL: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2018/2145207/> (data obrasheniya 05.08.2022).

43. Balasekaran G., Jayakumar S., Pérez de Prado R. An intelligent task scheduling mechanism for autonomous vehicles via deep learning // Energies. 2021. No. 14(6). P. 1788. doi: 10.3390/en14061788.

44. Distributed architecture for unmanned vehicle services / J. Ramos, R. Ribeiro, D. Safadinho, J. Barroso, C. Rabadão, A. Pereira // Sensors. 2021. No. 21(4). P. 1477. doi: 10.3390/s21041477.

45. Method to increase dependability in a Cloud-Fog-Edge Environment / O. P. Stan, S. Enyedi, C. Corches, S. Flonta, I. Stefan, D. Gota, L. Miclea // Sensors. 2021. No. 21(14). P. 4714. doi: 10.3390/s21144714.

46. An optimal control strategy design for plug-in hybrid electric vehicles based on Internet of Vehicles / Y. Zhang, Y. Liu, Y. Huang, Z. Chen, G. Li, W. Hao, G. Cunningham, J. Early // Energy. 2021. No. 228. P. 120631. doi: 10.1016/j.energy.2021.120631.

47. Moisture computing-based Internet of Vehicles (IoV) architecture for Smart Cities / A. Tufail, A. Namoun, A. A. Abi Sen, K.-H. Kim, A. Alrehaili, A. Ali // Sensors. 2021. No. 21(11). P. 3785. doi: 10.3390/s21113785.

48. Ma W., Mashayekhy L. Privacy-by-design distributed offloading for vehicular edge computing // Proc. of the 12<sup>th</sup> IEEE/ACM Intern. Conf. on Utility and Cloud

Computing (UCC'19). New York, NY, USA, 2019. P. 101–110. doi: 10.1145/3344341.3368804.

49. Gu X., Zhang G., Cao Y. Cooperative mobile edge computing – cloud computing in Internet of vehicle: Architecture and energy-efficient workload allocation // Transactions on Emerging Telecommunications Technol. 2021. No. 32. P. 4095. doi: 10.1002/ett.4095.

50. Real time localization solution for land vehicle application using low-cost integrated sensors with GPS / A. Kamel, M. Elhabiby, A. Eldesoky, H. Elhennawy // J. of Appl. Research and Technol. 2020. No. 18(4). P. 214–228. doi: 10.22201/icat.24486736e.2020.18.4.1196.

51. Driving pattern profiling and classification using deep learning / M. Malik, R. Nandal, S. Dalal, V. Jalglan, D. Le // Intelligent Automation & Soft Computing. 2021. Vol. 28, no. 3. P. 887–906.

52. Effect of vehicle technical condition on real-time driving risk management in Internet of Vehicles: Design and performance evaluation of an integrated fuzzy-based system / K. Bylykbashi, E. Qafzezi, P. Ampririt, M. Ikeda, K. Matsuo, L. Barolli // Internet of Things. 2021. No. 13. P. 100363. doi: 10.1016/j.iot.2021.100363.

53. Research on a task offloading strategy for the Internet of Vehicles based on reinforcement learning / S. Xiao, S. Wang, J. Zhuang, T. Wang, J. Liu // Sensors. 2021. No. 18. P. 6058. doi: 10.3390/s21186058.

54. Computing resource allocation scheme of IOV using deep reinforcement learning in edge computing environment / Y. Zhang, M. Zhang, C. Fan, F. Li // EURASIP J. Adv. Signal Process. 2021. No. 33. P. 3–19. doi: 10.1186/s13634-021-00750-6.

55. Kim D.-Y., Jung M., Kim S. An Internet of Vehicles (IoV) access gateway design considering the efficiency of the In-Vehicle Ethernet Backbone // Sensors. 2021. No. 1. P. 98. doi: 10.3390/s21010098. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/1/98> (data obrasheniya 05.08.2022).

56. LPWAN-based hybrid backhaul communication for intelligent transportation systems: architecture and performance evaluation / T. Shahgholi, A. Sheikahmadi, K. Khamforoosh, S. Azizi // J Wireless Com. Networ. 2021. No. 35. P. 1918. doi: 10.1186/s13638-021-01918-2.

57. Salim A., Al-Hemairy E. H. Communication module for V2X applications using embedded systems // J. of Phys. Conf. Series. 2021. No. 1. P. 012112. doi: 10.1088/1742-6596/1933/1/012112.

58. TEI-DTA: Optimizing a vehicular sensor network operating with ultra-low power system-on-chips / S.-Y. Lee, J.-H. Lee, J. Lee, W. Lee // Electronics. 2021. No. 10(15). P. 1789. doi: 10.3390/electronics10151789.

59. An intelligent forwarding strategy in SDN-enabled named-data IoV / A. Tariq, I. U. Din, R. A. Rehman, B. Kim // CMC-Computers, Materials & Continua. 2021. No. 69(3). P. 2949–2966.

60. Torres A. P. A., Silva C. B. D., Filho H. T. An experimental study on the use of LoRa technology in vehicle communication // IEEE Access. 2021. No. 9. P. 26633–26640. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3057602.

61. WHISPER: A location privacy-preserving scheme using transmission range changing for Internet of vehicles / M. Babaghayou, N. Labraoui, A. A. Abba Ari,

- M. A. Ferrag, L. Maglaras, H. Janicke // *Sensors*. 2021. No. 21(7). P. 2443.
62. Sidiropoulos G. K., Papakostas G. A. Machine biometrics-towards identifying machines in a Smart City Environment. doi: 10.1109/AlloT52608.2021.9454230. URL: <https://www.researchgate.net/profile/George-Sidiropoulos-3> (data obrasheniya 05.08.2022).
63. A Blockchain-based key management and green routing scheme for Vehicular Named Data Networking / H. Liu, R. Zhu, J. Wang, W. Xu. doi: 10.1155/2021/3717702. URL: <https://www.hindawi.com/journals/scn/2021/3717702/> (data obrasheniya 05.08.2022).
64. Hierarchical hybrid trust management scheme in SDN-Enabled VANETs / M. Mao, P. Yi, T. Hu, Z. Zhang, X. Lu, J. Lei. URL: <https://www.hindawi.com/journals/misy/2021/7611619/> (data obrasheniya 05.08.2022).
65. Multimodel anomaly detection on spatio-temporal logistic datastream with open anomaly detection architecture / T. Oktay, E. Yoğurtçuoğlu, R. N. Sarıkaya, A. R. Karaca, M. F. Kömürçü, A. Sayar. doi: 10.1016/j.eswa.2021.115755. URL: <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S0957417421011301> (data obrasheniya 05.08.2022).
66. Real-time in-vehicle air quality monitoring system using machine learning prediction algorithm / C. C. Goh, L. M. Kamarudin, A. Zakaria, H. Nishizaki, N. Ramli, X. Mao, S. M. M. Syed Zakaria, E. Kanagaraj, A. S. Abdull Sukor, M. F. Elham // *Sensors*. 2021. No. 15. P. 4956. doi: 10.3390/s21154956.
67. Combining a universal OBD-II module with deep learning to develop an eco-driving analysis system / M.-H. Yen, S.-L. Tian, Y.-T. Lin, C.-W. Yang, C.-C. Chen // *Appl. Sci.* 2021. No. 11. P. 4481. doi: 10.3390/app11104481.
68. Research on production vehicle evaluation method of China VI OBD for light-duty vehicles / J. Ling, Y. Li, J. Li, Y. Yan // 4<sup>th</sup> Intern. Conf. on Material Sci. and Technol. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/774/1/012144/pdf> (data obrasheniya 05.08.2022).
69. Effect analysis of early warning for abandoned object on highway based on Internet-of-Vehicles CA Model / J. Bao, W. Chen, Z. Xiang, Y. Chen, Y. Shui // *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2018. doi: 10.1155/2018/3821731. URL: <https://www.hindawi.com/journals/ddns/2018/3821731/> (data obrasheniya 05.08.2022).
70. Driving style recognition system using smartphone sensors based on fuzzy logic / N. Kalra, R. K. Goyal, A. Parashar, J. Singh, G. Single // *CMC-Computers, Materials & Continua*. 2021. No. 69(2). P. 1967–1978.
71. CAN-based aging monitoring technique for automotive ASICs with efficient soft error resilience / J. Kim, M. Ibtisam, D. Kim, J. Jung, S. Park // *IEEE Access*. 2020. No. 8. P. 22400–22411 (data obrasheniya 05.08.2022).
72. Li Y., Wang M. Research on management and control strategy of E-bikes based on attribute reduction method *Applied Mathematics and Nonlinear // Sciences*. 2021. Vol. 6. No. 2. P. 161–170.
73. Smart dynamic traffic monitoring and enforcement system / Y. El-Hansali, F. Outay, A. Yasar, S. Farrag, M. Shoaib, M. Imran, H. H. Awan // *Computers, Materials & Continua*. 2021. Vol. 67, no. 3. P. 2797–2806.
74. Integrated framework of vehicle dynamics, instabilities, energy models, and sparse flow smoothing controllers / J. W. Lee, G. Gunter, R. Ramadan, S. Almatrudi, P. Arnold, J. Aquino, W. Barbour, R. Bhadani, J. Carpio, F.-C. Chou, M. Gibson, X. Gong, A. Hayat, N. Khoudari, A. R. Kreidieh, M. Kumar, N. Lichtlé, S. McQuade, B. Nguyen, M. Ross, S. Truong, E. Vinitzky, Y. Zhao, J. Sprinkle, B. Piccoli, A. M. Bayen, D. B. Work, B. Seibold // *Proc. of the Workshop on Data-Driven and Intelligent Cyber-Physical Systems (DI-CPS'21)*. New York, NY, USA, 2021. P. 41–47. doi: 10.1145/3459609.3460530 (data obrasheniya 05.08.2022).
75. A parallel meta-heuristic approach to reduce vehicle travel time in Smart Cities / H. Rico-Garcia, J.-L. Sanchez-Romero, A. Jimeno-Morenilla, H. Migallon-Gomis // *Appl. Sci.* 2021. No. 11(2). P. 818. doi: 10.3390/app11020818. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/2/818> (data obrasheniya 05.08.2022).
76. Driving risk assessment using near-miss events based on panel Poisson regression and panel negative binomial regression / S. Sun, J. Bi, M. Guillen, A. M. Pérez-Marín // *Entropy*. 2021. No. 23(7). P. 829. doi: 10.3390/e23070829.
77. Fu E., Li X., Yao Z. Personnel emotion recognition model for Internet of vehicles security monitoring in community public space // *EURASIP J. Adv. Signal Process.* 2021. No. 81. doi: 10.1186/s13634-021-00789-5. URL: <https://asp-urasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/s13634-021-00789-5> (data obrasheniya 05.08.2022).
78. IoT sensing for reality-enhanced serious games, a fuel-efficient drive use case / R. Massoud, R. Berta, S. Poslad, A. De Gloria, F. Bellotti // *Sensors*. 2021. No. 10. P. 3559. doi: 10.3390/s21103559.
79. Pan B., Wu H. Success probability analysis of C-V2X communications on irregular Manhattan grids. doi: 10.1155/2020/2746038. URL: <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2020/2746038/> (data obrasheniya 05.08.2022).
80. Alluhaidan A., Alluhaidan M. S., Basheer S. Internet of Things based intelligent transportation of food products during COVID // *Wireless Pers Commun.* 2021. doi: 10.1007/s11277-021-08777-6. URL: [https://www.researchgate.net/publication/354053770\\_Internet\\_of\\_Things\\_Based\\_Intelligent\\_Transportation\\_of\\_Food\\_Products\\_During\\_COVID](https://www.researchgate.net/publication/354053770_Internet_of_Things_Based_Intelligent_Transportation_of_Food_Products_During_COVID) (data obrasheniya 05.08.2022).
81. A joint reliable transport strategy in Internet of Vehicles / Z. Wang, H. Zhou, B. Feng, Y. Zhang // *Electronics*. 2019. No. 8(9). P. 926. doi: 10.3390/electronics8090926. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/8/9/926> (data obrasheniya 05.08.2022).
82. Time for relative velocity optimal time approach in internet of vehicle communication / S. Mohmmad, M. A. Shaik, R. Dadi, S. N. Pasha, S. B. P. Yadav // *Intern. Conf. on Recent Advancements in Engineering and Management (ICRAEM-2020)*. Warangal, India. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/981/2/022053/> (data obrasheniya 05.08.2022).
83. New discrete Cuckoo search optimization algorithms for effective route discovery in IoT-based vehicular Ad-Hoc Networks / H. Bello-Salau, A. J. Onumanyi, A. M. Abu-Mahfouz, A. O. Adejo, M. B. Mu'Azu // *IEEE Access*. 2020. No. 8. P. 145469–145488. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3014736.
84. Hybrid policy learning for multi-agent pathfinding / A. Skrynnik, A. Yakovleva, V. Davydov, K. Yakovlev,

A. I. Panov // IEEE Access. 2021. No. 9. P. 126034–126047. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3111321.

85. Jain N., Mittal S. Bayesian nash equilibrium based gaming model for eco-safe driving // J. of King Saud University – Comp. and Information Sci. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157821001713> (data obrasheniya 05.08.2022).

86. An automatic emergency braking model considering driver's intention recognition of the front vehicle / W. Yang, J. Liu, K. Zhou, Z. Zhang. doi: 10.1155/2020/5172305. URL: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2020/5172305/> (data obrasheniya 05.08.2022).

87. Realization of Internet of vehicles technology integrated into an augmented reality system / N.-S. Pai, P.-Y. Chen, S.-A. Chen, S.-X. Chen // J. of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control. 2020. No. 39(3). P. 704–719. doi: 10.1177/1461348419835054.

88. Communication-free multi-agent coordination in an unknown environment / J. Kulchyk, B. Schonewille, R. Ean, K. Rudie // IFAC-PapersOnLine. 2020. Vol. 53, no. 4. P. 159–165. doi: 10.1016/j.ifacol.2021.04.062.

89. Liu Y., Huang L., Chen J. Formal verification on the safety of Internet of Vehicles based on TPN and Z // Math. Problems in Engin. doi: 10.1155/2020/6618168. URL: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2020/6618168/> (data obrasheniya 05.08.2022).

90. A probabilistic broadcasting scheme for emergent message dissemination in Urban Internet of Vehicles / P. Li, Y. Zeng, C. Li, L. Chen, H. Wang, C. Chen // IEEE Access. 2021. No. 9. P. 113187–113198. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3103843.

91. Deployment of autonomous trains in rail transportation: Current trends and existing challenges / P. Singh, M. A. Dulebenets, J. Pasha, E. D. R. S. Gonzalez, Y.-Y. Lau, R. Kampmann // IEEE Access. 2021. No. 9. P. 91427–91461. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3091550.

92. Chouhan P., Jain S. Routing M. for Internet of Vehicles using Master of Controller in Road Awareness (MRMOC-IOV) // Intern. J. of Computer Networks and Applications (IJCNA). 2020. Vol. 7, no. 4. P. 116–125.

93. Hu X., Zheng M. Research progress and prospects of vehicle driving behavior prediction // World Electr. Veh. J. 2021. No. 12. P. 88. doi: 10.3390/wevj12020088. URL: <https://www.mdpi.com/2032-6653/12/2/88/> (data obrasheniya 05.08.2022).

94. Computational framework for real-time diagnostics and prognostics of aircraft actuation systems / P. C. Berri, D. L. Matteo, D. Vedova, L. Mainini // Computers in Industry. 2021. Vol. 132. P. 103523. doi: 10.1016/j.compind.2021.103523. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361521001305> (data obrasheniya 05.08.2022).

95. Puskás, E., Budai Á., Bohács G. Optimization of a physical Internet based supply chain using reinforcement learning // Eur. Transp. Res. Rev. 12, 47 (2020). doi: 10.1186/s12544-020-00437-3. URL: <https://etrr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-020-00437-3#citeas/m> (data obrasheniya 05.08.2022).

96. Task offloading in vehicular edge computing networks: A load-balancing solution / J. Hang, H. Guo, J. Liu, Y. Zhang // IEEE Transactions on Vehicular Technol. 2020. Vol. 69, no. 2. P. 2092–2104. doi: 10.1109/TVT.2019.2959410.

2020. Vol. 69, no. 2. P. 2092–2104. doi: 10.1109/TVT.2019.2959410.

97. Effect analysis of emotions on driving intention in two-lane environment / X. Wang, Y. Liu, J. Han, S. Liu, Y. Xia, H. Zhao. doi: 10.1177/1687814019846996. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1687814019846996/> (data obrasheniya 05.08.2022).

98. Di Martino S., Origlia A. Exploiting recurring patterns to improve scalability of parking availability prediction systems // Electronics. 2020. No. 9(5). P. 838. doi: 10.3390/electronics9050838. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/5/838> (data obrasheniya 05.08.2022).

99. A Center-rule-based neighborhood search algorithm for roadside units deployment in emergency scenarios / Y. Shi, L. Lv, H. Yu, L. Yu, Z. Zhang // Mathematics. 2020. No. 8(10). P. 1734. doi: 10.3390/math8101734.

100. Shepelev V., Gritsenko A., Salimonenko G. Kontrola emisije ugljovodonika pri promeni tehničkog stanja izduvnog sistema kod modernih automobile // FME Transactions. 2021. Vol. 49, no. 3. P. 749–755. doi: 10.5937/fme2103749S.

101. A novel driving behavior learning and visualization method with natural gaze prediction / G. Yuan, Y. Wang, J. Peng, X. Fu // IEEE Access. 2021. No. 9. P. 18560–18568. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3054951.

102. MQTT\_SN\_QoS: an enhanced MQTT protocol for wireless sensor network in smart parking / H. Ouldzira, A. Mouhsen, M. Hassoun, R. Habachi, X. Elalami // Intern. J. of Emerging Trends in Engineering Research. 2020. No. 8(8). P. 4567–4573. URL: <https://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter85882020.pdf> (data obrasheniya 05.08.2022).

103. Noei S., Parvizimosaed M., Noei M. Longitudinal control for connected and automated vehicles in contested environments // Electronics. 2021. No. 10. P. 1994. doi: 10.3390/electronics10161994. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/16/1994> (data obrasheniya 05.08.2022).

104. A Novel Deep clustering method and indicator for time series soft partitioning / A. Eid, G. Clerc, B. Mansouri, S. Roux // Energies. 2021. No. 14. P. 5530. doi: 10.3390/en14175530. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/17/5530> (data obrasheniya 05.08.2022).

105. Identification of driving safety profiles in vehicle to vehicle communication system based on vehicle OBD information / H. A. Ameen, A. K. Mahamad, S. Saon, R. Q. Malik, Z. H. Kareem, M. A. Bin Ahmadon, S. Yamaguchi // Information. 2021. No. 12(5). P. 194. doi: 10.3390/info12050194. URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/12/5/194> (data obrasheniya 05.08.2022).

106. Vehicle pedestrian detection method based on spatial pyramid pooling and attention mechanism / M. Guo, D. Xue, P. Li, H. Xu // Information. 2020. No. 11(12). P. 583. doi: 10.3390/info11120583. URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/11/12/583> (data obrasheniya 05.08.2022).

107. IoT Sensing for reality-enhanced serious games, a Fuel-efficient drive use case / R. Massoud, R. Berta, S. Poslad, A. De Gloria, F. Bellotti // Sensors. 2021. No. 21(10). P. 3559. doi: 10.3390/s21103559. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/10/3559> (data obrasheniya 05.08.2022).

108. Making connected cars untraceable via DSRC Radios / J. Lim, K. Kim, H. Yu, S.-B. Lee // IEEE Access. 2020. No. 8. P. 224932–224946. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3044331. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9293023> (data obrasheniya 05.08.2022).

109. Driving pattern profiling and classification using deep learning / M. Malik, R. Nandal, S. Dalal, V. Jalglan, D. Le // Intelligent Automation & Soft Computing. 2021. Vol. 28, no. 3. P. 887–906.

---

#### Information about the authors

**Roza R. Fatkueva** – Cand. Sci. (Eng), Assistant Professor of Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Bolshaya Morskaya str., 67, Saint Petersburg, 190121, Russia.

E-mail: [vvlov@mail.ru](mailto:vvlov@mail.ru)

<http://orcid.org/0000-0003-4065-9611>

**Anna P. Koneva** – 4<sup>th</sup> year student of the Department of Information Security Technologies of Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Bolshaya Morskaya str., 67, Saint Petersburg, 190121, Russia.

E-mail: [nyta-shewolf@yandex.ru](mailto:nyta-shewolf@yandex.ru)

**Alina S. Mustafina** – 4<sup>th</sup> year student of the Department of Information Security Technologies of Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Bolshaya Morskaya str., 67, Saint Petersburg, 190121, Russia.

E-mail: [beluydrackon@vk.com](mailto:beluydrackon@vk.com)

Статья поступила в редакцию 22.09.2022; принята к публикации после рецензирования 03.10.2022; опубликована онлайн 25.11.2022.

Submitted 22.09.2022; accepted 03.10.2022; published online 25.11.2022.

---