

ТРАНСПОРТ

УДК 007.52:656.1

Д. В. Николаенко, канд. техн. наук, В. Л. Николаенко, канд. техн. наук

Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка

СХЕМА КОНЦЕПЦИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРШРУТА АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Рассматриваются концептуальные элементы схемы моделирования информационно-аналитического комплекса определения маршрута автотранспортного средства: принципы, методы, задачи, модели. Использование предложенных моделей позволит выполнить беспилотное управление транспортным потоком в экстраординарных условиях движения транспортных средств.

Ключевые слова: внешнее управление, дорожный примитив, информационное поле дорожного примитива, сенсорное поле дорожного примитива, точка маршрута

Введение

Развитие производственного комплекса государства выдвигает все новые требования к совершенствованию логистических возможностей транспортной сети, росту количества и грузоподъемности транспортных средств. Важную роль играют в этом процессе автотранспортные перевозки грузов, пассажиров. Эта потребность отражается в развитии и совершенствовании существующих транспортных систем, построении более совершенных транспортных систем, учитывающих современные достижения в области цифровизации производственных процессов – создании информационно-управляющих систем, а в последнее время систем управления с элементами искусственного интеллекта. «Начиная с 80-х годов большинство стран Европы, Азиатско-Тихоокеанского региона и США целенаправленно и систематически продвигают интеллектуальные транспортные системы (ИТС) в качестве центральной темы в осуществлении транспортной политики» [1, с. 30].

«Исследователи считают, что автопилот в машинах позволит ежегодно сократить на 250 миллионов часов нахождения людей в пути только во время поездок на работу и обратно в самых густонаселенных городах мира, благодаря чему появятся новые экономические возможности. Intel полагает, что годовой объем мирового рынка самоходных автомобилей в 2035 году составит \$800 млрд, после чего начнется взрывной рост, который и приведет к цифре в 7 триллионов к 2050 году» [2, 3].

Цель исследования – разработка схемы концепции моделирования системы управления движением транспортных средств в контексте внешнего управления на дорожном примитиве [4], а именно, определения маршрута движения транспортного средства как задачи определения количественных характеристик элементов потока управления в дискретных точках маршрута.

Основная часть

Развитие инфраструктурной базы кибернетики (расширение номенклатуры и повышение возможностей элементной базы сенсорного поля систем, достижения в области телекоммуникационных технологий, повышение качества и разнообразия математического обеспечения,

совершенствование технологий разработки программного обеспечения) актуализирует проблему беспилотного управления автотранспортными средствами.

Процесс интеллектуализации систем управления получил широкое распространение и развитие на автомобильном транспорте, несмотря на высокие материальные затраты на разработки в области ИТС и ее дорогостоящее инфраструктурное обеспечение.

Неуклонно растет доля информационно-управляющих систем с элементами искусственного интеллекта среди систем управления на автомобильном транспорте. В частности, рынок продаж беспилотных автомобилей вырастет с 330 тыс. автомобилей в 2017 году до 30,4 млн автомобилей в год к 2035 году (рисунок 1) [5].

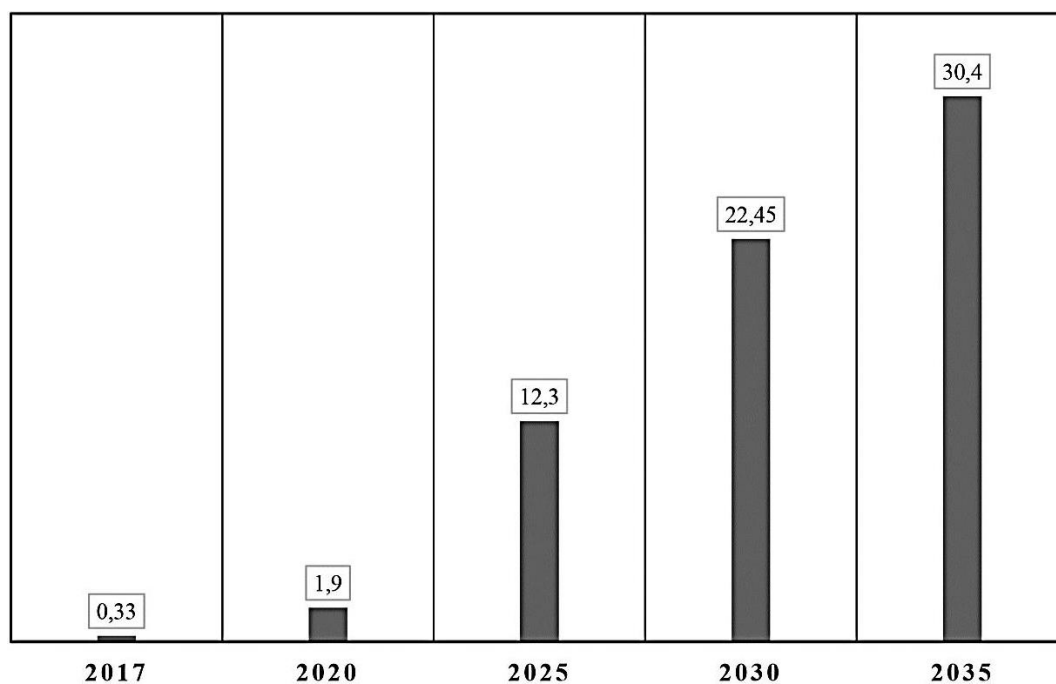


Рисунок 1 – Рынок продаж беспилотных автомобилей

Анализ проблемы внедрения беспилотных транспортных средств в повседневную практику автомобильных перевозок показывает, что процесс виртуализации явлений и сущностей в автотранспортной отрасли имеет характер расширения и углубления.

Поэтому важны разносторонние подходы к разработке информационно-управляющих систем в области интеллектуальных транспортных систем, в частности, управление транспортными средствами в контексте внешнего управления на дорожном примитиве [6].

В настоящее время во всем мире отмечается лавинообразный поток усилий и в области разработки технических аспектов беспилотного вождения, и в области разработки алгоритмического и программного обеспечения, и в области телекоммуникационного обеспечения.

Проблемами построения интеллектуальных систем управления на автомобильном транспорте в России занимаются такие известные бренды:

- Яндекс.Такси Беспилотный автомобиль;
- КАМАЗ Беспилотный автомобиль, Беспилотный автобус;
- C-Pilot и Cognitive Agro Pilot Система автоматического вождения;
- Traft Truck Project Беспилотный грузовик.

Решения Яндекс в части определения траектории движения базируется на алгоритмах движения, полученных на обучаемых наборах данных.

Решения КАМАЗ основываются на машинном зрении, позволяющем распознавать дорожную сцену – границы дороги, ширину полос движения и т. д. Используются адаптивный круиз-контроль, позволяющий экстренно затормозить в критических ситуациях, система автопилотирования в определенных условиях (например в автомобильной пробке). Исполь-

зуется «зона интереса» – узкая область зрения, которая окружает наблюдаемый объект. Эта технология дает возможность обрабатывать меньший объем информации и с более высоким качеством, что дает преимущество в экономии вычислительных ресурсов и повышении быстродействия обработки информации, когда вместо всего снятого с видеокамеры изображения обрабатывается 5–7 его процентов.

В мире на рынке беспилотных автомобилей доминируют General Motors; Ford; Daimler; Volkswagen; Toyota [5]. Предлагаются разнообразные решения проблем беспилотного вождения. Например, японские производители беспилотных транспортных средств Toyota, Honda, активно работают над такими функциями, как обнаружение слепых зон, предупреждение о перекрестном движении сзади, помощь в удержании полосы движения, предупреждение о прямом столкновении и автоматическое экстренное торможение в экстренных ситуациях, предупреждение о выходе из полосы движения. Разрабатываются технологии преодоления беспилотными автомобилями статических помех (препятствий) почти на той же скорости, что и профессиональными водителями [7].

Ведутся работы в направлении совершенствования алгоритмов управления движением с учетом оценки величины сдвига данных [7]. Перспективным считается направление, связанное с технологиями распознавания светофоров, знаков, полос и разметки, машин и других участников дорожного движения, моделирования окружающих объектов, возможностью следить за ними, предсказывать поведение, планировать и исполнять маневры. Ведутся работы в направлении совершенствования «электронных помощников» водителей.

Практика показывает, что успешная работа беспилотных автомобилей предполагает развитие и совершенствование беспилотной транспортной инфраструктуры.

Предлагаемые решения проблем беспилотного управления транспортными средствами имеют определенные недостатки. Например, транспортные средства, имеющие некоторые автономные возможности, не обходятся без контроля водителя-человека. Ограничивающим фактором является стоимость элементов формируемого сенсорного поля. «К 2026 году стоимость датчиков, необходимых для обеспечения автономного вождения, станет на 25 % ниже, чем в 2020 году. Но даже при таком снижении цена останется непомерно высокой. Это значит, что в течение следующего десятилетия автономные функции будут доступны только для автомобилей премиум-класса и транспортных средств, принадлежащих крупным автопаркам» [5].

На начальном пути внедрения автопилотируемых автомобилей их использование будет ограничено специфическими условиями и в хорошо «цифровизированных» географических территориях. Ограничениями также будут выступать требования высокоскоростного подключения к мобильным сетям, необходимость прибегать к дорогостоящим спутниковым системам. Большие объемы трафика данных требуют совершенствования и модернизации существующей телекоммуникационной инфраструктуры.

Анализ существующих систем беспилотного управления транспортными средствами позволил выявить ряд недостатков и задач, требующих решения:

- высокая сложность и большой объем информационных потоков, протекающих в системе управления движением транспортных средств;
- необходимость постоянного мониторинга транспортного потока, адекватной и своевременной реакции на динамические изменения внешней среды;
- необходимость анализа множества факторов внешней и внутренней среды в процессе принятия управленческих решений;
- сложность и дороговизна инфраструктурных решений на базе космических систем высокоточного позиционирования транспортных средств в режиме реального времени;
- сложность и дороговизна построения сенсорного поля транспортного средства, транспортного потока, дорожного примитива;
- повышение эффективности управления посредством применения экономико-математических моделей и методов.

Концептуальная схема информационно-аналитического комплекса определения маршрута автотранспортного средства, обеспечивающего решение вышеперечисленных задач, представлена на рисунке 2.

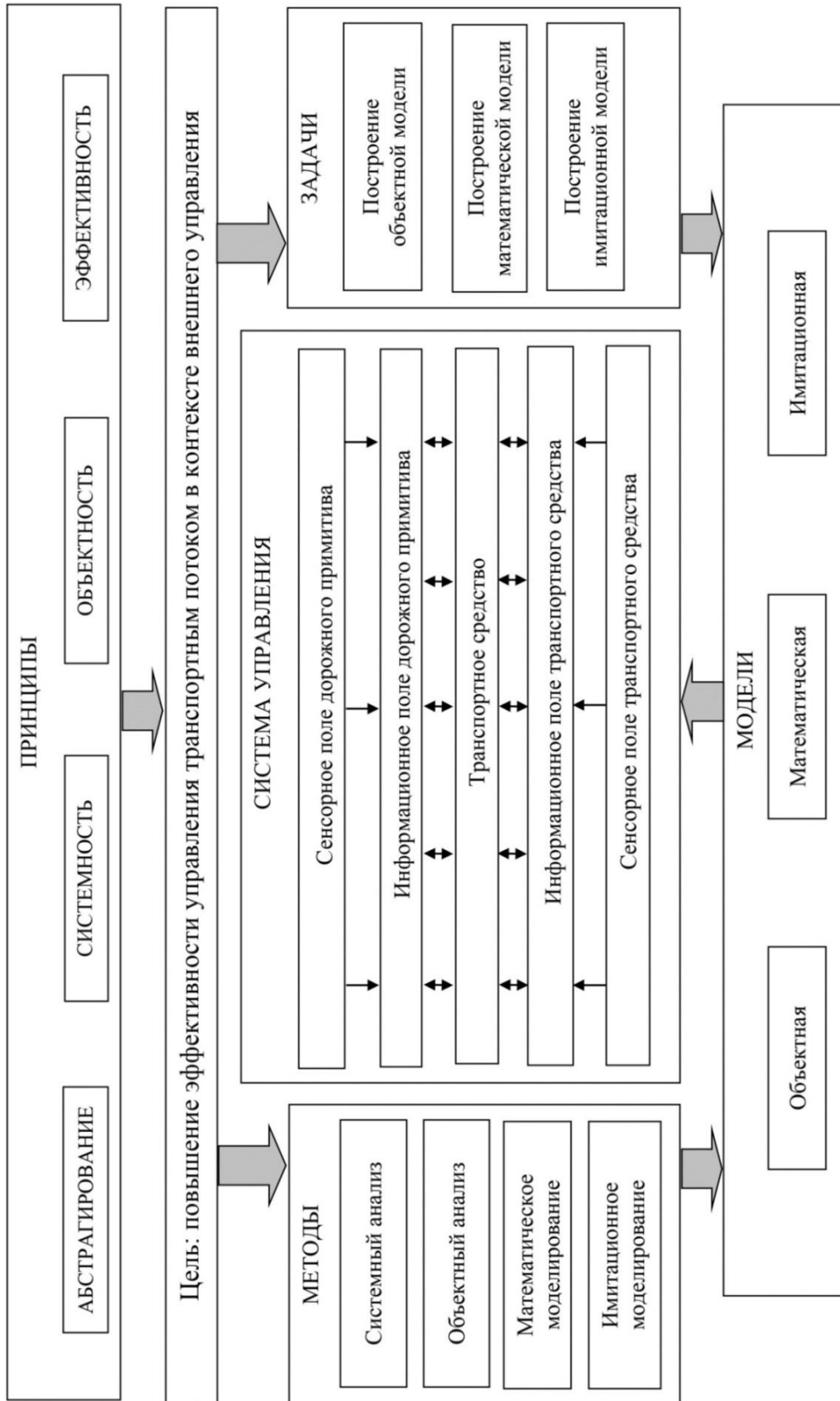


Рисунок 2 – Схема концепции моделирования системы

Анализ системы определения точек маршрута позволил выделить пять этапов, характеризующихся своим перечнем задач, решение которых обеспечивается соответствующими подсистемами информационно-аналитического комплекса. Первый этап – определение информационного поля транспортного потока. Выявление наличия или отсутствия транспортного средства на дорожном примитиве. Считывание необходимых свойств информационного поля транспортного средства, используемых при расчете свойств точек маршрута. Второй этап – определение информационного поля дорожного примитива. Считывание необходимых свойств информационного поля дорожного примитива, используемых при расчете свойств точек маршрута. Третий этап – определение информационного поля метеоусловий. Считывание необходимых свойств информационного поля метеоусловий, используемых при расчете свойств точек маршрута. Четвертый этап – определение информационного поля помех. Считывание необходимых свойств информационного поля помех, используемых при расчете свойств точек маршрута. Пятый, заключительный этап – выполнение акта управления транспортным средством согласно рассчитанным значениям свойств точек маршрута.

Решение задач на перечисленных этапах обеспечивается подсистемами проектируемого информационно-аналитического комплекса. Задачи информационного обеспечения, а именно предоставление информации о транспортном потоке, о транспортных средствах в потоке, о состоянии дорожного примитива, например, влажности, структуре покрытия, и т. п., о метеорологических условиях – сильный ветер, гололед и т. п., о наличии помех – ухаб, появление животного на дороге или пешехода, взаимодействие как с внешней средой, так и с внутренними службами, обращение к базам данных, осуществляется посредством информационной технологии, обеспечивающей сбор, анализ, хранение и передачу данных. Задачи определения количественных характеристик свойств точек маршрута решаются посредством предложенных в концепции математических методов и моделей.

Формирование информационных полей транспортного средства, транспортного потока, информационного поля метеоусловий, информационного поля помех, информационного поля дорожного примитива обеспечивается посредством элементов сенсорного поля системы – сенсоров (датчиков), включающего сенсорные поля транспортного средства, транспортного потока, дорожного примитива, метеополя, поля помех, предоставляющего необходимые данные для расчета числовых характеристик точек управления транспортными средствами на маршруте.

С целью выведения человека из системы, как субъекта управления, становится актуальной задача математического моделирования состояний системы, сценариев и прецедентов с целью определения элементов потока управления системы средствами алгебры конечных предикатов [8]. Вводится понятие диаграммы состояний системы, алфавита букв, ассоциируемых с объектами системы, множества переменных, ассоциируемых с состояниями объектов. Решения уравнений путем использования тождеств алгебры конечных предикатов интерпретируются как элементы потока управления системы.

На этапе проектирования полезным является возможность реализации в системе визуализации маршрутов движения транспортных средств с целью визуального контроля адекватности полученных решений заявленным целям проезда дорожного примитива.

Концепцией моделирования предусмотрено построение имитационной модели системы управления движением транспортных средств на дорожном примитиве в контексте внешнего управления, и осуществлялось это построение путем использования технологии объектного анализа, моделирования, проектирования и программирования инструментальными средствами языка C#.

Вывод

Использование предложенных моделей позволит выполнить разработку системы беспилотного управления транспортным потоком в экстраординарных условиях движения транспортных средств.

Список литературы

1. Козлов, Л. Н. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России / Л. Н. Козлов, Ю. М. Урличич, Б. Е. Циклис. – Текст : электронный // Транспорт Российской Федерации. – 2009. – № 3-4(22–23). – С. 30–35. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-kontseptualnyh-podhodah-formirovaniya-i-razvitiya-intellektualnyh-transportnyh-sistem-v-rossii>.
2. ГОСТ Р 56351-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Косвенное управление транспортными потоками. Требования к технологии информирования участников дорожного движения посредством динамических информационных табло : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 февраля 2015 г. № 80-ст : введен впервые : дата введения 2015-07-01 : переиздан в октябре 2018 г. / разработан Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)». – Москва : Стандартинформ, 2018. – 11 с.
3. Разработка беспилотных транспортных средств / Шаошань Лю, Лиюнь Ли, Цзе Тан [и др.] ; научный редактор В. С. Яценков ; перевод с английского П. М. Бомбаковой. – Москва : ДМК Пресс, 2022. – 246 с. – ISBN 978-5-97060-969-9.
4. Николаенко, Д. В. Информационные системы и технологии в управлении транспортным потоком / Д. В. Николаенко, В. Л. Николаенко, В. С. Сеница // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2021. – № 1(36). – С. 56–66.
5. Беспилотные автомобили (мировой рынок). – Текст : электронный // Tadviser : [сайт]. – 2023. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотные_автомобили_\(мировой_рынок\)_\(дата_обращения:_30.03.2023\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотные_автомобили_(мировой_рынок)_(дата_обращения:_30.03.2023)).
6. Жанказиев, С. В. Интеллектуальные транспортные системы / С. В. Жанказиев. – Текст : электронный. – Москва : МАДИ, 2016. – 120 с. – URL: <https://lib.madi.ru/fel/fel1/fel16E377.pdf>.
7. «Яндекс» поможет робоавтомобильям справиться со сдвигом данных. – Текст : электронный // Вести.Ру : [сайт]. – 2021. – URL: <https://www.vesti.ru/hitech/article/2591370> (дата обращения: 30.03.2023).
8. Шабанов-Кушнаренко, Ю. П. Теория интеллекта. Математические средства / Ю. П. Шабанов-Кушнаренко. – Харьков : Вища школа, 1984. – 143 с.

Д. В. Николаенко, В. Л. Николаенко
Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
Схема концепции моделирования информационно-аналитического комплекса
определения маршрута автотранспортного средства

Развитие производственного комплекса государства выдвигает все новые требования к совершенствованию логистических возможностей транспортной сети, росту количества и грузоподъемности транспортных средств. Важную роль играют в этом процессе автотранспортные перевозки грузов, пассажиров. Эта потребность отражается в развитии и совершенствовании существующих транспортных систем, построении более совершенных транспортных систем, учитывающих современные достижения в области цифровизации производственных процессов – создании информационно-управляющих систем, а в последнее время систем управления с элементами искусственного интеллекта.

Современные системы беспилотного управления транспортными средствами обладают рядом недостатков, требующих решения: высокая сложность и объем информационных потоков, необходимость постоянного мониторинга транспортного потока и адекватной и своевременной реакции на динамические изменения внешней среды, необходимость анализа множества факторов внешней и внутренней среды в процессе принятия управленческих решений, сложность и дороговизна инфраструктурных решений на базе космических систем высокоточного позиционирования транспортных средств в режиме реального времени, дороговизна сенсорного поля транспортного средства, транспортного потока, дорожного примитива.

Результатом исследования явилась разработка схемы концепции моделирования системы управления движением транспортных средств в контексте внешнего управления на дорожном примитиве, а именно, определения маршрута движения транспортного средства как задачи определения количественных характеристик элементов потока управления в дискретных точках маршрута.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке информационно-управляющих систем на автомобильном транспорте в контексте внешнего управления транспортным потоком на дорожных примитивах в экстраординарных условиях движения транспортных средств.

ВНЕШНЕЕ УПРАВЛЕНИЕ, ДОРОЖНЫЙ ПРИМИТИВ, ИНФОРМАЦИОННОЕ ПОЛЕ ДОРОЖНОГО ПРИМИТИВА, СЕНСОРНОЕ ПОЛЕ ДОРОЖНОГО ПРИМИТИВА, ТОЧКА МАРШРУТА

D. V. Nikolaenko, V. L. Nikolaenko
Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution
of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka
Concept Scheme of Modelling an Information Analytical Complex
for Determining the Vehicle Route

The development of the state's industrial complex puts forward new demands for improving the logistics capabilities of the transport network, increasing the number and carrying capacity of vehicles. Road transportation of goods and passengers plays an important role in this process. This need is reflected in the development and improvement of existing transport systems, the construction of more advanced transport systems that take into account modern achievements in the field of digitalization of production processes – the creation of information and management systems, and, more recently, control systems with elements of artificial intelligence.

Modern unmanned vehicle control systems have a number of disadvantages that require solutions: high complexity and volume of information flows, the need for constant monitoring of traffic flow and an adequate and timely response to dynamic changes in the external environment, the need to analyze many factors of the external and internal environment in the process of making management decisions. solutions, complexity and high cost of infrastructure solutions based on space systems for high-precision positioning of vehicles in real time, high cost of the sensor field of a vehicle, traffic flow, road primitive.

The result of the study was the development of the concept scheme for modelling a vehicle traffic control system in the context of external control on the road primitive, namely, determining the vehicle route as a task of determining the quantitative characteristics of control flow elements at discrete points along the route.

The results obtained can be used in the development of information and control systems for road transport in the context of external control of traffic flow on road primitives in extraordinary vehicle traffic conditions.

EXTERNAL CONTROL, ROAD PRIMITIVE, ROAD PRIMITIVE INFORMATION FIELD, ROAD PRIMITIVE SENSOR FIELD, ROUTE POINT

Сведения об авторах:

Д. В. Николаенко

Телефон: +7 949 356-13-90

В. Л. Николаенко

Телефон: +7 949 356-13-92

Эл. почта: nikv11951@yandex.ru

Статья поступила 15.01.2024

© Д. В. Николаенко, В. Л. Николаенко, 2024
Рецензент: Л. П. Вовк, д-р техн. наук, проф.,
Автомобильно-дорожный институт
(филиал) ДонНТУ в г. Горловка