

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К КОГНИТИВНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

Кандидат техн. наук **Селиверстов С.А.**,  
кандидат техн. наук **Селиверстов Я.А.**,  
кандидат техн. наук **Шаталова Н.В.**,  
научный сотрудник **Бородина О.В.**

(Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук. ИПТ РАН).

Кандидат техн. наук **Лукомская О.Ю.**

(Электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),  
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. ИПТ РАН),

кандидат эконом. наук, доцент **Выдрина Е.О.**

(Российский государственный гидрометеорологический университет)

## TRANSFORMATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TRANSITION TO COGNITIVITY IN TRANSPORT

**S.A. Seliverstov**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,  
**Ya.A. Seliverstov**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,  
**N.V. Shatalova**, Ph.D. (Tech.),  
**O.V. Borodina**, Researcher,

(Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, IPT RAS),

**O.Yu. Lukomskaya**, Ph.D. (Tech.),

(Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Solomenko Institute of Transport Problems  
of the Russian Academy of Sciences, IPT RAS)

**E.O. Vydrina**, Ph.D. (Tech.), Associate Professor  
(Russian State Hydrometeorological University)

*Когнитивные технологии, транспортная система, интеллектуальная транспортная система, интеллектуальное управление.*

*Cognitive technologies, transportation system, intelligent transportation system, intelligent management.*

*Статья посвящена исследованию развития интеллектуальных и когнитивных технологий на транспорте. Рассмотрены и проанализированы процессы создания автономных систем управления транспортным средством. Раскрыты особенности блок-схем управления для проектирования модулей автономного вождения, с учетом процесса обнаружения опасных ситуаций и поведения на дороге. Определены драйверы цифровой когнитивности и особенности ее влияния на системы автономного управления транспортным средством.*

*The article is devoted to the study of the development of intelligent and cognitive technologies in transport. The processes of creating autonomous vehicle control systems are considered and analyzed. The features of control block diagrams for the design of autonomous driving modules are disclosed, taking into account the process of detecting dangerous situations and behavior on the road. The drivers of digital cognition and the peculiarities of its influence on autonomous vehicle control systems have been determined.*

**Введение.** Мир транспорта при движении по пути цифровой трансформации видоизменяется, о чем свидетельствуют различные индикаторы и сигналы [1-3]. Ускоренное развитие процессов урбанизации и мобильности населения преобразуют транспортную среду городов. Повышение или снижение параметров безопасности, экологичности и интеллектуализации транспортной системы оказывают серьезное влияние на степень ее развития. Убытки от транспортных заторов и дорожно-транспортных происшествий, вследствие неадекватной организации городских транспортных систем отражаются на величине валового внутреннего продукта, снижая макроэкономические показатели стран. Растут требования к качеству оказания транспортных услуг, процессу передвижения и использования транспортной инфраструктуры. Системы управле-

ния транспортным средством, позволяют учитывать индивидуальные параметры пассажиров. Глубокая интеграция персональных смартфонов с рекомендательными и навигационными сервисами снижают затраты времени на поиски и прокладку оптимальных маршрутов для городских передвижений. Рост зоны покрытия беспроводной широкополосной связи, повышает доступность мобильных пользователей к разнородной информации увеличивая рейтинг качества транспортной среды.

Выше представленное - не спонтанные процессы, а результат закономерных событий, отслеживая их можно выделить ключевые, на основании которых станет возможным дальнейший прогноз новых форм и параметров развития транспорта.





На самом нижнем уровне были реализованы рефлексоподобные поведенческие возможности, основанные на обратной связи вектора состояния, которая, как известно, является оптимальной для линейных систем и квадратичные целевые функции. Четырехмерный подход машинного зрения позволял непосредственно отслеживать переменные состояния движения, необходимые для реализации поездки на разных режимах: поддержание полосы движения при движении по шоссе и движение в колонне.

Разработанный тип реализации имел очень быстрое время реакции и полностью устранял необходимость планирования действий для этих типов поведения транспортного средства.

В рамках проекта FhG-Co-Driver (From Map-Guided Automatic Driving by Machine Vision to a Cooperative Driver Support), что переводится как «от автоматизированного вождения по картам с помощью машинного зрения до совместной поддержки водителей» наиболее подробно описанного в [9] можно отметить следующие результаты, а именно:

1) полностью стабилизирована и отлажена работа установки автоматического вождения, в том числе модернизирована функция автопилота с учетом интеграции коммерческой дорожной навигационной системы «Travelpilot»;

2) Отлажен модуль предотвращения столкновений. Разработанный модуль сравнивает предварительно рассчитанный желаемый курс транспортного средства и курс препятствия, который экстраполируется из его текущего движения. В режиме реального времени признается опасность столкновения и принимаются контрмеры.

Блок-схема всей системы показана на рис. 4.

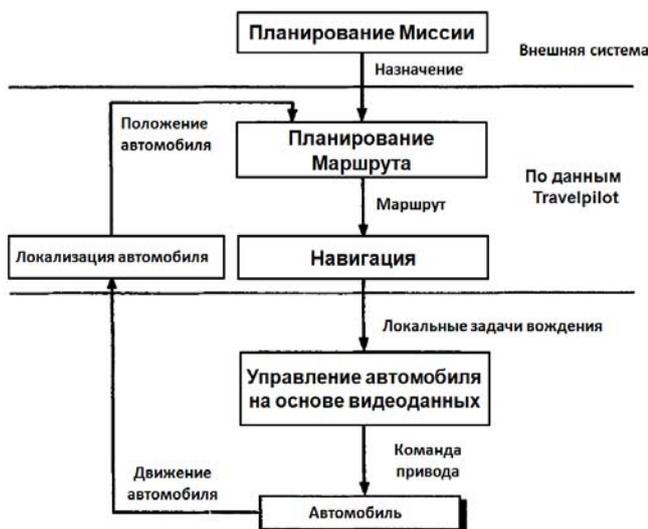


Рис. 4. Системная диаграмма [9, 10]

На основе результатов внешней системы планирования миссий следующий пункт назначения является единственной входной информацией для автономного транспортного средства. Зная текущее положение на цифровой карте, можно выполнить планирование маршрута. Полученный список промежуточных целей исследуется модулем навигации и переносится в последовательность локальных задач вождения. Логическая

подсистема «Управления автомобилем на основе видеоданных» выполняет эти задачи по вождению, передавая команды на приводы автомобиля. Эта подсистема должна распознавать дорогу, следовать по ее границам, распознавать перекрестки и выполнять адекватное поведение на перекрестке [9, 10].

В [9] указывается, что одним из основных различий между автомагистральными (шоссейными) и внутригородскими транспортными ситуациями является наличие пересечений в городских дорожных ситуациях. Поэтому в рамках проекта FhG-Co-Driver исследователи и ученые сосредоточили свое внимание на ситуациях, возникающих при приближении транспортного средства к перекрестку рис. 5 и поведение транспортного средства на перекрестке, чтобы изучить выполнимость функций DWA (Driver's Warning Assistant - помощник по предупреждению водителя - это автоматическая система второго пилота, которая выдает предупреждающие сообщения водителю вместо того, чтобы воздействовать непосредственно на автомобиль или окружающую среду) и принятие предупреждающих сообщений DWA водителем-человеком в случае слишком быстрых подходов.



Рис. 5. Процесс обнаружения ситуации "приближение к перекрестку" [9]

Процесс обнаружения ситуации приближения к перекрестку и ее обработки в соответствии с [9] представлен на рис. 5.

**[Самая ранняя позиция предупреждения]:** Точка, в которой водитель обычно начинает торможение. Водители, проходящие эту точку без торможения, получают предварительное предупреждение.

**[Последняя позиция предупреждения]:** Последняя точка, в которой водитель может вовремя остановиться при реагировании на сгенерированное предупреждающее сообщение с максимальным замедлением. Обратите внимание, что это должно учитывать время реакции водителя.

**[Позиция начала последнего действия]:** Последняя точка, в которой аварийная остановка будет вовремя.

Используя информацию карты Travelpilot, местоположение следующего сегмента дороги прогнозируется и проверяется по данным изображения, чтобы подтвердить или отклонить гипотезу о наличии пересечения или изменения полосы движения. В основу общей процедуры обнаружения и обработки пересечений дорог была положена модель [11]. Данная модель содержала информацию об обычных отметках пересечения, таких как пунктирные или сплошные линии.

Алгоритм поиска пересечений более подробно изложен в [9]. Среди трудностей обнаружения контуров дороги авторами были названы такие причины как - повреждений дороги, вода и посторонние предметы, а также наличие сильных теней на дороге. Однако даже в неблагоприятных условиях удалось почти полностью исключить ложные «сигналы тревоги». Используя фокусное расстояние 16 мм, система обнаруживала пунктирные линии разметки пересечения на расстоянии около 25 м, сплошные линии остановки на расстоянии около 35 м. Время цикла для процесса обнаружения варьировалось от 120 мс до 160 мс.

Стремительное развитие лингвистики, теории информации, теории познания, науки о данных, когнитивной психологии, а также популяризация компьютерных технологий после второй половины двадцатого века стали драйверами формирования нового междисциплинарного научного направления – когнитивистики или когнитивной науки.

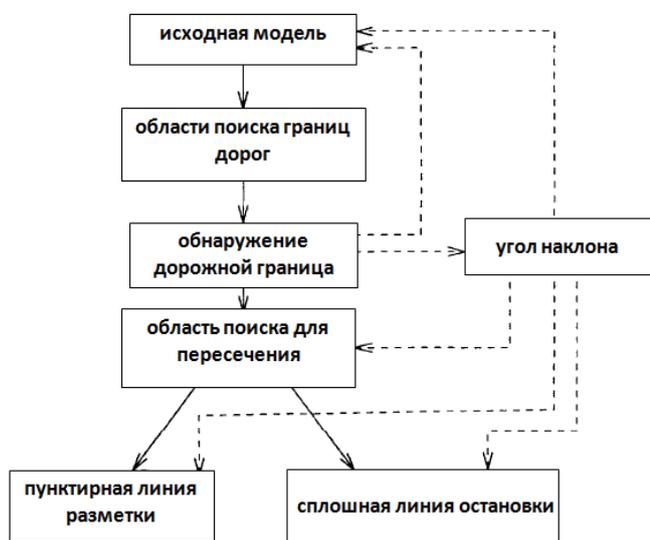


Рис. 6. Общая процедура обнаружения и обработки пересечений дорог [11]



Рис. 7. Научные направления, способствующие зарождению когнитивной науки согласно [12]

Согласно [12] процесс, иллюстрирующий научные направления, которые способствовали зарождению когнитивной науки можно представить на рис. 7.

Предметом когнитивной науки, стало изучение процесса распространения и обработки информации в мозге человека [13]. Когнитивные ученые сосредоточились на исследовании умственных способности людей посредством наблюдения таких аспектов, как - язык, восприятие, память, внимание, рассуждение и эмоции [14] с целью создания новых вычислительных систем на имеющих схожие принципы работы. Было установлено [13], что когнитивный процесс человека в основном отражается на следующих двух этапах. Во-первых, люди узнают об окружающей физической среде через свои собственные органы восприятия, такие как кожа, глаза и уши и т. д., с помощью которых внешняя информация получается в качестве входных данных. Во-вторых, эти входные данные передаются в мозг через нервную систему для ее последующей обработки, такой как хранение, анализ и обучение. Результаты обработки возвращаются к различным частям тела через нервную систему, а затем каждая часть производит соответствующую реакцию поведения. Таким образом, формируется полный замкнутый цикл, охватывающий процесс принятия решений и действий. Поэтому, когда новорожденный познает мир, необходимы постоянные связи с внешней средой для получения различной информации о внешней среде. В то же время, он или она постепенно совершенствует свою когнитивную систему, используя полученную информацию и обратную связь.

Поскольку когнитивная система чрезвычайно сложна, важно использовать инструменты и методы различных предметов для проведения многомерных [15], всесторонних и углубленных исследований для лучшего понимания когнитивной системы.

В работе [13] представлен процесс эволюции когнитивных вычислений, графическая интерпретация которого приведена на рис. 8.

Авторы отмечают, что анализ больших данных и когнитивные вычисления - две разные технологии, основанные на науке о данных. Что касается анализа больших данных, подчеркивается, что обрабатываемые данные должны характеризоваться «5V» - способностями больших данных [13].

Когнитивные вычисления больше ориентированы на совершенствование методов обработки разнородной информации. В когнитивных вычислениях обрабатываемые данные не обязательно являются большими данными. Например, ограниченная память человека не влияет на восприятие им информации об изображении. Когнитивные вычисления, реализуемые в компьютере, имеют тенденцию разрабатывать собственные алгоритмы, используя теории когнитивной науке. Это позволяет машине обладать определенной степенью интеллектуального когнитивного интеллекта [13, 16].

Таким образом когнитивные технологии транспорта стали входить путем развития систем помощи водителю, с точки зрения моделей поведения человека [17] и устранение в них недостатков, связанных с идентификацией сложных дорожных ситуаций при обеспечении достаточной производительности, рис. 9.

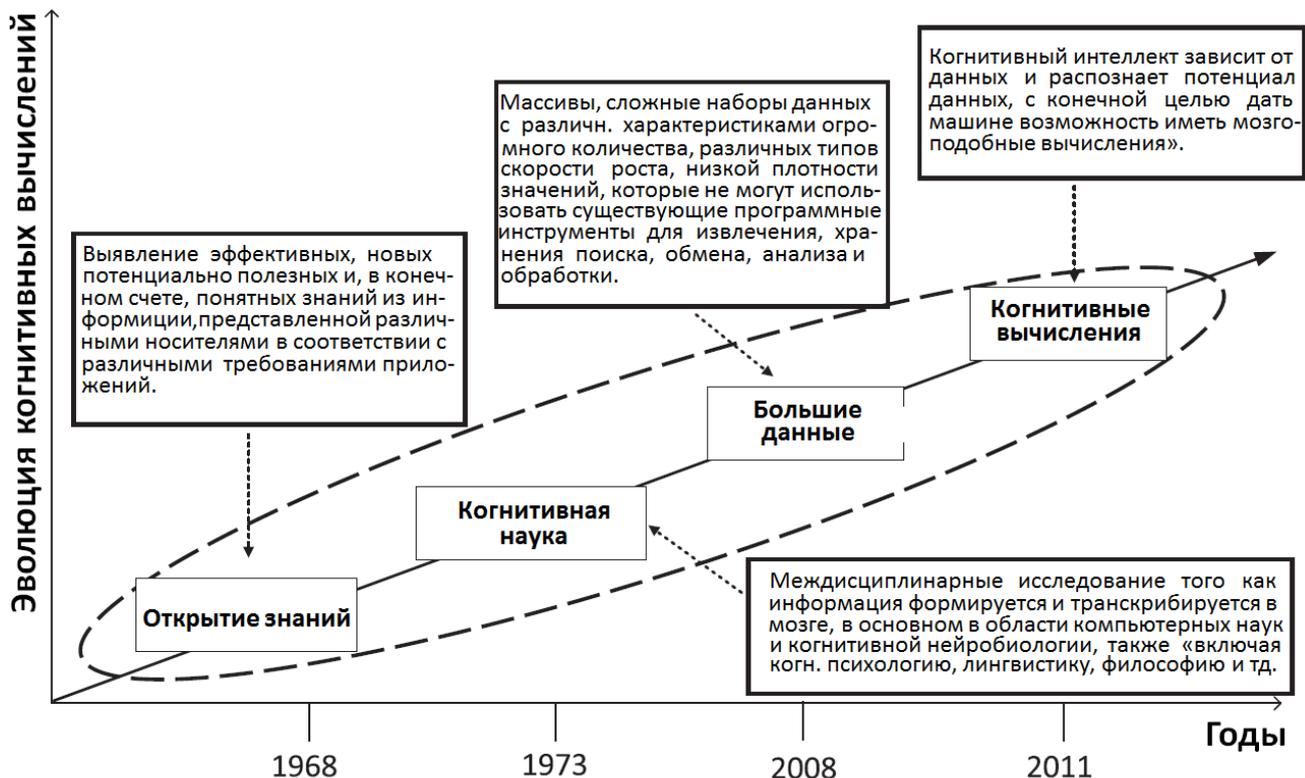


Рис. 8. Эволюция когнитивных вычислений [12]

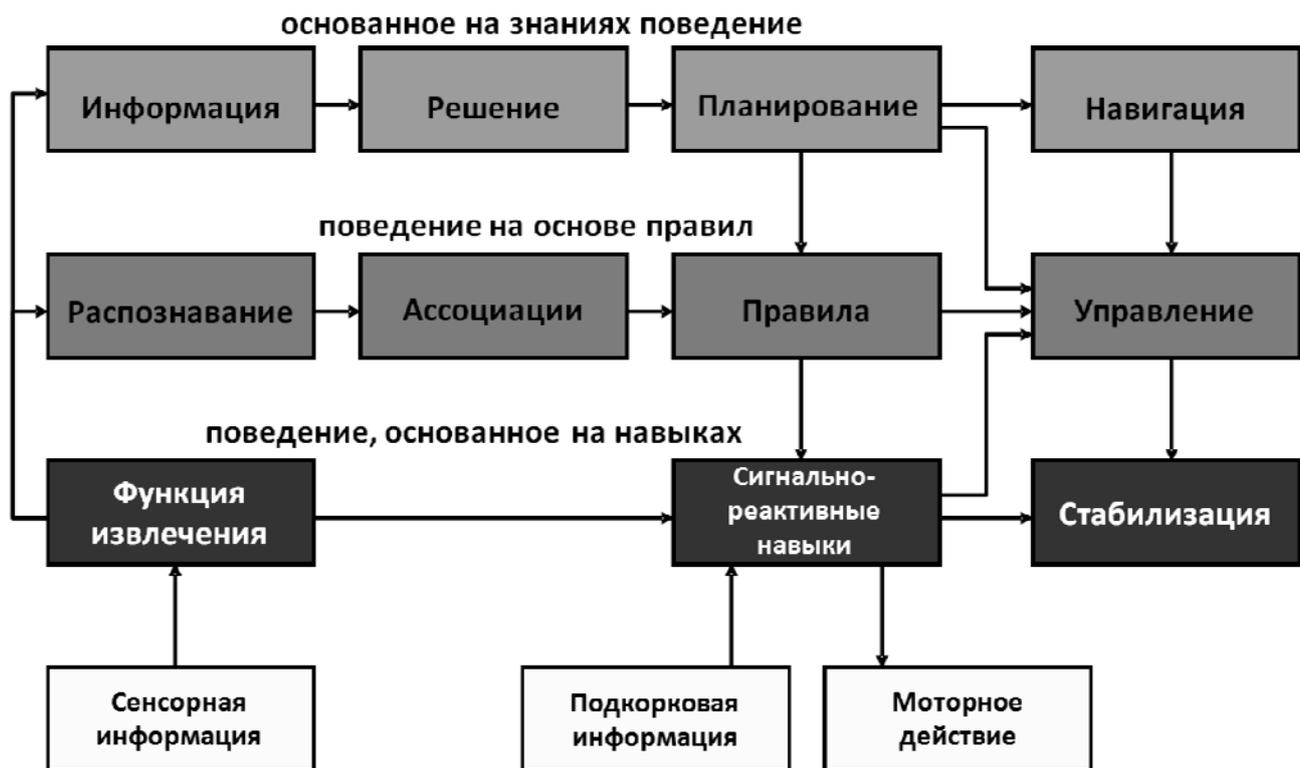


Рис. 9. Модель поведения человека [17]

Можно сделать вывод, что с ростом вычислительной производительности процессоров и объема памяти актуальность приобретает размещение аппаратных и программных модулей искусственного интеллекта непосредственно в транспортном средстве, система управления научится видеть и развивать модели поведения на дороге в различных ситуациях, предвосхищая

ожидания пассажиров. Развитие технологий постепенно начнет затрагивать цифровизацию человеческих навыков - восприятия, общения, поведения (управление транспортным средством), с учетом эмоциональных особенностей и улучшенное отображение их в модулях искусственного интеллекта, постепенно наделяя их аспектами цифровой когнитивности.

## Литература

1. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Разработка показателей интегрального развития транспортной системы мегаполиса // Интернет-журнал Науковедение. – 2015. – Т.7. – № 5 (30). – С. 156.
2. Seliverstov Y.A., Seliverstov S.A., Malygin I.G., Tarantsev A.A., Shatalova N.V., Lukomskaya O.Y., Tishchenko I.P., Elyashevich A.M. Development of management principles of urban traffic under conditions of information uncertainty // Communications in Computer and Information Science (см. в книгах). – 2017. – Т. 754. – С. 399-418.
3. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Лукомская О.Ю. Разработка структурной схемы системы городского транспортно-логистического мониторинга // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2016. – Т. 10. – № 12. – С. 55-64.
4. Dickmanns, E. D. Developing the Sense of Vision for Autonomous Road Vehicles at UniBwM. Computer, 50(12), 24–31. doi:10.1109/mc.2017.4451214.
5. Maurer, M., Behringer, R., Dickmanns, D., Hildebrandt, T., Thomanek, F., Schiehlen, J., & Dickmanns, E. D. // Mobile Robots IX. – 1995. doi:10.1117/12.198974.
6. Dickmanns E., Behringer R., Dickmanns D., Hildebrandt T, and Maurer M, "The seeing passenger car 'VaMoRs-P'," in Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Paris, France, Oct. 1994, pp. 68 – 73.
7. Nagel H.-H., Enkelmann W., and Struck G., "FhG-co-driver: From map-guided automatic driving by machine vision to a cooperative driver support," Math. and Computer Modeling, vol. 22, pp. 101 – 108, 1995.
8. Thorpe C., Vision and navigation - The Carnegie Mellon Navlab. Kluwer Academic Publishers, 1990.
9. Nagel H.-H., Enkelmann, W., & Struck, G. (1995). FhG-Co-driver: From map-guided automatic driving by machine vision to a cooperative driver support. Mathematical and Computer Modelling, 22(4-7), 185–212. doi:10.1016/0895-7177(95)00133-m.
10. Geisler G., Nagel H.-H., Siegle G., and Struck G., Schritte zum autarken Fahren auf privaten Verkehrswegen, In Autonomie Mobile Systeme, 6. Fachgespräch, Karlsruhe, November 26-27, 1990. (Edit,ed by II Rembold, R. Dillmann and P. Levi), pp. 233-239, UniversitLt Karlsruhe, (1990).
11. Rtissle S., Kriiger W., and Gengenbach V. Real-time vision-based intersection detection for a driver's warning assistant, In Proc. IEEE Conference Intelligent Vehcles '93. Tokyo. Japan, July 14-16. 1993. – pp. 340 -344.
12. Adapted from Miller, George A. "The cognitive revolution: a historical perspective" // Trends in Cognitive Sciences 7. – 2003.
13. Chen, M., Herrera, F., & Hwang, K. Cognitive Computing: Architecture, Technologies and Intelligent Applications. IEEE Access, 6, 19774–19783. – 2018. doi:10.1109/access.2018.2791469.
14. P.D. Mundt, Why We Feel: The Science of Human Emotions, vol. 157. 2000, pp. 1185-1186.
15. Gudivada V.N., "Cognitive computing: Concepts, architectures, systems, and Applications," Handbook Stat., vol. 35, pp. 338, Dec. – 2016.
16. Appel A. P., Candello H., and Gandour F. L., "Cognitive computing: Where big data is driving us," in Handbook of Big Data Technologies. – 2017, – pp. 807-850.
17. Rasmussen J., "Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models," IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, vol. SMC-13, no. 3, pp. 257–266, Mai/Juni 1983.

### Сведения об авторах:

**Селиверстов Святослав Александрович**, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес. 199178, г. СПб, 12-я линия ВО, д.13.

Тел.: +7(812) 323-29-54,

E mail: seliverstov\_s\_a@mail.ru.

**Селиверстов Ярослав Александрович**, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес. 199178, г. СПб, 12-я линия ВО, д.13.

Тел.: +7(812) 323-29-54,

E mail: maxwell\_8-8@mail.ru.

**Лукомская Ольга Юрьевна**, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес. 199178, г. СПб, 12-я линия ВО, д.13.

Тел.: +7(812) 323-29-54.

Доцент кафедры корабельных систем управления.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Адрес: 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5.

Тел.: +7 (812) 346-44-87,

E mail: luol@mail.ru.

**Шаталова Наталья Викторовна**, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

Адрес: 199178, г. СПб, 12-я линия ВО, д.13.

Тел.: +7(812) 323-29-54,

E mail: shatillen@mail.ru.

**Бородина Ольга Владимировна**, научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Адрес: 199178, г. СПб, 12-я линия ВО, д.13.

Тел.: +7(812) 323-29-54,

E mail: borodinaov@gmail.com.

**Выдрина Евгения Олеговна**, доцент кафедры «Инновационных технологий управления в государственной сфере и бизнесе».

Российский государственный гидрометеорологический университет.

Адрес: 192007, Санкт-Петербург, Воронежская улица, дом 79

Тел.: +7 (812) 6330182,

Email: Jeeenek\_55@mail.ru.