

ОБЗОР ТРЕНДОВ РАЗВИТИЯ «ЦИФРОВОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Ю.В. Зворыкина, директор АНО «Институт Внешэкономбанка», член правления Belt and Road International Transport Alliance, д.э.н.
С.Л. Мамулат, советник генерального директора ФАУ «РОСДОРНИИ», член правления Belt and Road International Transport Alliance, MBA

В данной статье в основном приводятся обзор и сравнение результатов анализа докладов, прозвучавших в рамках специализированных форумов и секций одной из наиболее масштабных и представительных международных площадок, посвященных данным вопросам, — Всемирного Транспортного Конгресса (World Transport Convention [1]), проходящего ежегодно в Пекине, начиная с 2017 года. В этом году WTC-2019 прошел под девизом «Экологичная и Интеллектуальная Мобильность для Транспорта Будущего» (Green and Intelligent Mobility for Future Transport), собрав более 50000 участников в рамках многочисленных экспозиций, форумов и секций, часть из которых была посвящена развитию новых практик и технологий для безопасности дорожного движения (<https://en.wtc-conference.com>):

Специализированные форумы WTC-2019

- Intelligent Forum of Connected and Automated Vehicle Highway System
- Innovation Forum of Road Traffic Perception and Intelligent Application Technology
- International Forum of Connected and Automated Vehicle Highway System
- Forum of Intelligent Property Assisting Quality Development of Intelligent Transportation
- Road Safety Research and Practice Forum
- Forum for the Coordinated Innovation and Development of Big Data and Smart Cities
- Working Conference on Standards of Automated Driving of China Highway & Transportation Society

Специализированные секции WTC-2019

- Transportation Optimization and Application Using CAVs Technology
- Information and Control Technology on CAVs
- Smart city Intelligent Transportation
- Driving psychology, behavior and safety
- Transportation Culture and Art
- Traffic operation safety
- Traffic safety analysis and improvement
- Traffic simulation, Traffic flow operation and management
- Traffic flow theory and capacity



Динамичное развитие цифровых технологий вносит кардинально новую повестку для систем организации дорожного движения и для всех мероприятий по проектированию, обеспечению и контролю безопасности дорожного движения. Наряду с созданием разнообразных средств поддержки действий водителей по оценке и прогнозированию дорожной обстановки с принятием соответствующих решений, появляются высокоэффективные системы для исследований и контроля функционального состояния водителей, моделирования и прогнозирования действий участников дорожного движения с использованием искусственного интеллекта и др., существенно повышающие оперативные возможности всех компонентов систем Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда.

Анализ и обобщение полученных результатов, базирующиеся на развитии положений теории транспортного потока [2,3], позво-

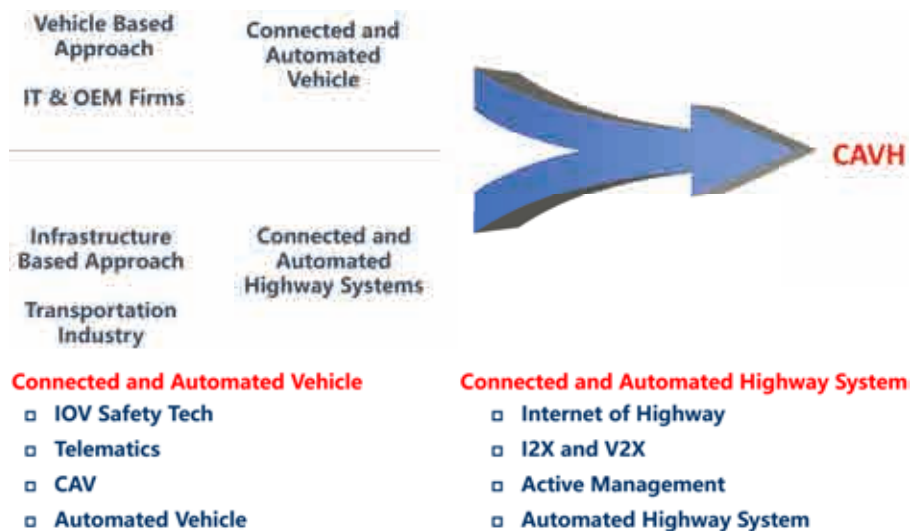


Рисунок 1. Схема соотношения и технологических составов различных подходов [3]

ляют не только оценивать влияние на систему дорожного движения разнообразных особенностей их участников и составляющих, но и создать основу для детального анализа самих компонентов, а также для прогнозирования и выбора наиболее перспективных направлений развития перспективных разрабо-

ток. Так, результаты целого комплекса междисциплинарных исследований, выполненных объединенным Институтом Интернет Мобильности (Institute on Internet of Mobility), созданным китайским и американским университетами (Southeast University и University

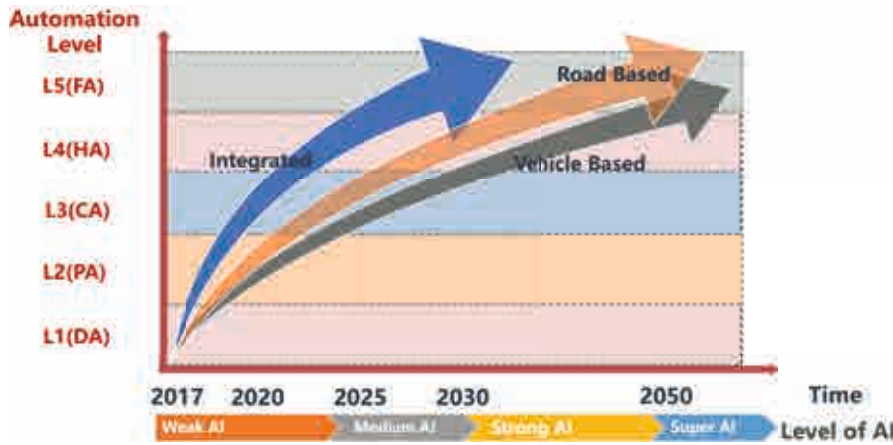


Рисунок 2. Прогноз развития эффективности автоматизированных систем «Умного автомобиля», «Умной дороги» и интегрированных систем (CAVH) в зависимости от уровня развития технологий искусственного интеллекта [3]

of Wisconsin-Madison, соответственно), о которых на Всемирном Транспортном Конгрессе (WTC-2019) доложил профессор Bin Ran, позволили наметить вектор наиболее перспективного развития в этой области с учетом прогнозирования развития систем искусственного интеллекта — создание CAVH (Connected Automated Vehicle Highway) систем, объединяющих в себе комплекс технологий «умного автомобиля» и «умной дороги» [3]. Как было сказано выше, в основу данных прогнозов были положены оценки производительности различных вариантов систем (пропускной способности в зависимости от времени реакции и определяемого им пространства, необходимого для безопасного торможения) на основании взаимосвязей параметров, описываемых базовым уравнением теории транспортного потока [2]: $V = D \cdot U_s$, где D — плотность потока (density), V — пространство между автомобилями, зависящее от скорости движения (space-mean-speed), U_s — результирующий поток (resultant demand). Используя данное уравнение, после



China Automotive Technology & Research Center

эмпирического определения значений различных пар этих параметров (объем/плотность, скорость/плотность или объем/скорость) можно вычислить третий параметр, а совместно они характеризуют качество транспортных условий для опытных водителей, которое может быть использовано для первой полезной аппроксимации для оценки транспортных расходов. Очевидно, что одним из ключевых факторов в данной системе является интегральное время реакции участников транспортного потока — систем «человек-автомобиль» или беспилотный автомобиль в соответствующих транспортных условиях [3,4]. Для испытаний и эмпирической оценки параметров различных CAVH систем, с участием Института Интернет Мобильности, в структуре Китайского исследовательского центра автомобильных техно-



гий (China Automotive Technology & Research Center — CATARC*) в городе Yancheng оборудован соответствующий полномасштабный полигон с высокотехнологичными испытательными стендами и тренажерами.

Для испытаний и эмпирической оценки параметров различных CAVH систем, с участием Института Интернет Мобильности, в структуре Китайского исследовательского центра автомобильных технологий (China Automotive Technology & Research Center — CATARC*) в городе Yancheng оборудован соответствующий полномасштабный полигон с высокотехнологичными испытательными стендами и тренажерами.

Испытательные и аналитические мощности полигона CATARC* предполагается использовать для всесторонней отработки и последующей стандартизации разнообразных систем Cellular-V2X и I2X, активно разрабатываемых на основе технологий 5G целым рядом международных консорциумов и ассоциации, таких, как Huawei/Bosch/Vodafone, (<http://cnews.ru/link/n390971>) Huawei/FAW/Dongfeng/Changan,

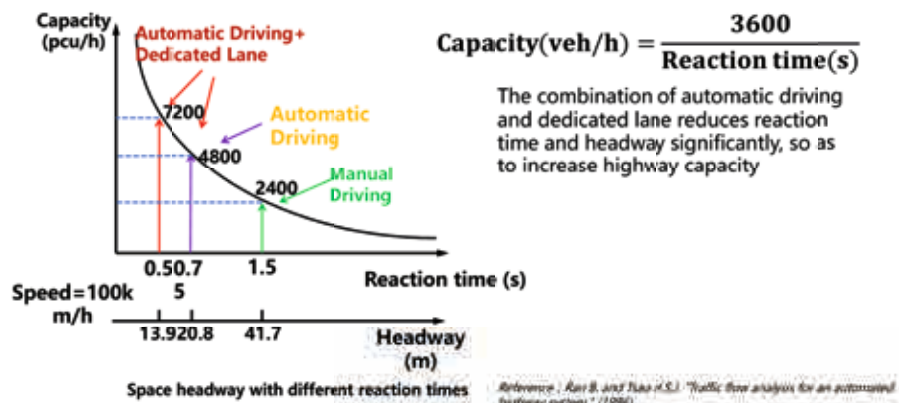


Рисунок 3. Эффективность (пропускная способность) использования автотрассы при различных вариантах транспортных средств: систем «ручного» управления, автономного беспилотного управления и автоматического управления на специально оборудованной трассе (выделено зеленым, желтым и красным цветом, соответственно) [4]

* Примечательно, что для решения наукоемких и ресурсоемких промышленных задач на основе «гармоничной триады» Brainware & Software & Hardware с применением суперкомпьютерного инжиниринга с применением численных моделей, содержащих до 500 000 000 расчетных ячеек и требующих значительной ресурсоемкости численных решений, CATARC активно сотрудничает с Центром компьютерного инжиниринга СПбГУ и группой компаний ComMechLab® [5].

National IOM Demonstration Area Establishment



Multi DOF Driving Simulator at SEU



В 2019 году компания Huawei представила свой телематический продукт для бортовых систем транспортных средств V2X (vehicle-to-everything), получивший название MH5000, на основе многорежимного чипсета Balong 5000, работающего с автономными и неавтономными архитектурами, обеспечивающего пропускную способность до 4,6 Гбит/с в диапазоне 6 ГГц и до 6,5 Гбит/с в миллиметровом диапазоне, а также поддерживающего обратную совместимость с технологиями 2G, 3G и 4G.

Источник: <https://www.reuters.com/article/us-autoshow-shanghai-huawei-tech/huawei-says-launches-worlds-first-5g-communications-hardware-for-autos-idUSKCN1RY0FQ>

Renault/Orange/Ericsson или Ford/Panasonic/Qualcomm ([http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Vehicle-to-Everything_\(V2X\)_5G_в_эволюции_автомобилей](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Vehicle-to-Everything_(V2X)_5G_в_эволюции_автомобилей)) и 5G Automotive Association, членами которой являются Audi, BMW, Daimler, Honda, Hyundai, Nissan и Volvo.

Наряду с телематическими, активно развиваются соответствующие сенсорные системы (особенно — радары, лидары и видеокамеры), системы компьютерного зрения и распознавания изображений на основе машинного обучения, позволяющего научиться не допускать и исправлять ошибки [6].

Таким образом, можно говорить о значительной технологической готовности подсистем C-V2X, обеспечивающих достаточно быстрые каналы прямой связи: «автомобиль-автомобиль» (vehicle-to-vehicle, V2V), «автомобиль-инфраструктура» (vehicle-to-infrastructure, V2I) и «автомобиль-пешеход» (vehicle-to-pedestrian, V2P) и «автомобиль-сеть» (vehicle-to-network, V2N), что, в свою очередь, позволяет существенно расширить возможности целого ряда систем поддержки водителя, например — усовершенствованная система помощи водителю Advanced Driver Assistance System (ADAS) [7], адаптивный круиз-контроль (Adaptive Cruise Control — ACC) [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Vehicle-to-Everything_\(V2X\)_5G](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Vehicle-to-Everything_(V2X)_5G).

Вместе с тем, для дальнейшего совершенствования систем поддержки водителя и создания беспилотных систем необходимо повышение

их надежности, прежде всего — в части уровня точности геопозиционирования. Необходимость кардинального повышения точности геопозиционирования и навигации для обеспечения возможности обоснованного допуска беспилотных автомобилей на дороги общего пользования отмечается и ведущими китайскими разработчиками [3,8], и такими пионерами «беспилотного» движения, как директор Консорциума безопасности автоматизированного дорожного движения (Consortium for Automated Road Transportation Safety) и декан Факультета Инжиниринга Автономных автомобилей Принстонского университета Эрик Корнхаузер [9], осуществивший успешную разработку беспилотного автомобиля для специальных применений по программе DARPA Grand Challenge министерства обороны США еще в 2004 году. Именно связанные с этим довольно многочисленные проблемы нормативного и маркетингового характера привели к трансформации концепции «беспилотного» (или «самоуправляемого») автомобиля в концепцию «умного» автомобиля (HTTP://SMARTDRIVINGCAR.COM), интегрировавшую предшествующие разработки в рамки системы поддержки водителя в реальном времени CoPilot|Live. (HTTPS://WWW.ALK.COM), способную снизить вероятность ДТП на 80%.

Наиболее системно и наглядно данная проблема описана в работе ученых из Southwest Jiaotong University [10], в которой методом моделиро-



Рисунок 4. Мобильная станция 5Gn, экспонировавшаяся в ходе Всемирного Транспортного Конгресса (WTC-2019) 13-15 июня 2019 года в Пекине

вания показано, что в известных системах управления беспилотным автомобилем, основанных на системах GPS и методах повышения точности за счет машинного обучения, недостаточно учитывается важный фактор — состояние покрытия в реальных условиях движения. Результаты моделирования показали, что при удовлетворительном состоянии дорожных условий (уровни А-С) модели работают удовлетворительно синхронно с точностью 87%, при уровне D — с точностью 78%-81% при скорости автомобиля до 40 км/ч. Но при уровне эксплуатационного состояния покрытия E и F рассогласования (несинхронности) в оценке данных от моделей GPS и вектора суппорта автомобиля приводят к невозможности должным образом реагировать на движение/остановку впереди медленно едущего транспорта и даже пешеходов (!), что, в свою очередь, позволило сделать соответствующие выводы о дальнейших планах применения беспилотного автотранспорта на дорогах общего пользования и необходимости повышения точности спутниковых навигационных систем.

Во многом в связи с этим в докладе заместителя главного конструктора системы BeiDou, академика Китайской академии наук Янкси Янга (Yuanxi Yang) сказано, что на следующем этапе развития системы BeiDou к 2020 году (BDS-3), помимо наличия системы кратких сообщений (Кто? Когда? Где? Что?) должна быть увеличена до 30 единиц группировка спутников с фазированными антеннами и водородным стандартом времени, что должно обеспечить точность геопозиционирования на территории КНР — до 0,5 м при наличии соответствующей сети наземных корректирующих станций. Следует отметить, что хотя BDS-3 после реализации этих планов будет превосходить ГЛОНАСС по качеству сигнала, точности и стабильности сигналов, обеих этих систем (как и GPS) не хватит для стабильного «обслуживания» беспилотного транспорта без разворачивания крайне дорогостоящей сети наземных корректирующих станций [1].

В российских условиях крайне целесообразной видится реализация своего альтернативного решения: увеличение точности определения координат за счет дополнительного включения в ГЛОНАСС данных от наземных систем, используя

щих радиоинтерферометрические методы измерений на сверхдлинных базах (РСДБ). Этот вариант, разрабатываемый российским консорциумом с участием ОКБ МЭИ, ФАУ РОСДОРНИИ, Российского университета транспорта МИИТ и др., предполагает создание наземной Высокоточной системы геопозиционирования и синхронизации «Московское время» (ВСГС), задающей опорные базовые параметры наивысшей точности для всех навигационных систем [11].

В основе функционирования данной системы лежат давно используемые методы радиоинтерферометрических измерений со сверхдлинными базами (РСДБ) наблюдений радиоизлучения внегалактических объектов (квазаров) с корреляционной обработкой результатов. При этом, новизна метода, разработанного в ОКБ-МЭИ, заключается в непрерывном наблюдении и обработке данных - постоянной работе в реальном времени. Синхронизированный сигнал подобной системы может обеспечить самый точный и стабильный эталон частоты — 10-18 (против 10-12 у водородного эталона BeiDou и 10-15- цезиевого GPS).

Для реализации данного решения у России есть все конкурентные преимущества — резолюция Президента РФ («Нужно поддержать. Прошу проработать и довести до реализации. В.Путин»), самая большая широтная территориальная база и лучшие в мире радиотелескопы большого диаметра.

Учитывая, что планируемые затраты на создание необходимой инфраструктуры системы (в основном — линии оптоволоконной связи между опорными телескопами с соответствующими центрами обработки данных и локальные станции для ретрансляции сигналов) — в разы меньше сопоставимых затрат на дальнейшее повышение систем на стандартах GPS, после разворачивания ВСГС «Московское время» совместно с «ГЛОНАСС» на пространстве РФ, появляются значительные перспективы подведения к ним ряда сопряженных региональных систем, прежде всего Евразийского пространства (BeiDou, Galileo, IRNSS, а возможно также QZSS и др.), или продажи им высокоточных кодированных специальных сигналов. Помимо этого, новый эталон «пространства и времени» позволит начать постепенный перевод на отечественные



Рисунок 5. Принципиальная схема РСДБ системы [11]



Рисунок 6. Наземный многоцелевой радиотелескоп ОКБ МЭИ диаметром ЗРТ-64 на базе антенной системы ТНА-1500К диаметром 64 м микроволнового диапазона в г. Калязине был признан лучшим в мире по ряду параметров и включен вместе с радиотелескопом ТНА-1500 ЦДКС «Медвежий озера» в программу «ЕКЗОМАРС»

Источник: <http://www.okbmei.ru>



Рисунок 7. Схема изменения поля зрения водителя в зависимости от скорости движения [12]

стандарты всего навигационного, локационного, телекоммуникационного оборудования, в том числе — систем автономной высокоточной навигации с точностью позиционирования наземного движущегося объекта около 3 мм. Значительные изменения произошли и в сфере создания систем,



Рисунок 9. Пример схемы структурно-динамического анализа визуомоторной (visuomotor) задачи «прохождение поворота» с использованием данных о точках фиксации взгляда в зрительном поле [14]. Детальный структурно-функциональный анализ и методическое описание приведены в работе [15]

обеспечивающих изучение и моделирование особенностей «человеческого фактора» транспортных систем, а также их учет при проектировании и оценке эксплуатационных параметров сложных объектов транспортной инфраструктуры. Развитие систем глубокого обучения (Deep Learning) на пространстве больших данных (Big Data), кардинальное повышение уровня чувствительности интегрированных сенсорных систем, систем моделирования, прогнозирования и визуализации сложных динамических объектов, к которым, без сомнения, можно отнести транспортные потоки крупных городов, позволяет не только уточнять параметры ранее установленных закономерностей восприятия водителем различных элементов дорожной ситуации в различных условиях (например, поле активного зрения водителя при различной скорости движения и/или при различном освещении), но и проводить микрофункциональный анализ выполнения водителями таких сложных «сенсомоторных» операций, как прохождение сложного поворота, при различных дорожных условиях и обстановке. Детальный структурно-функциональный анализ и методическое описание приведены в работе. В работе ученых Chongqing Jiaotong University [18] подобная методика, совмещающая наряду с фиксацией движения глаз, контроль частоты сердечного ритма, отражающего

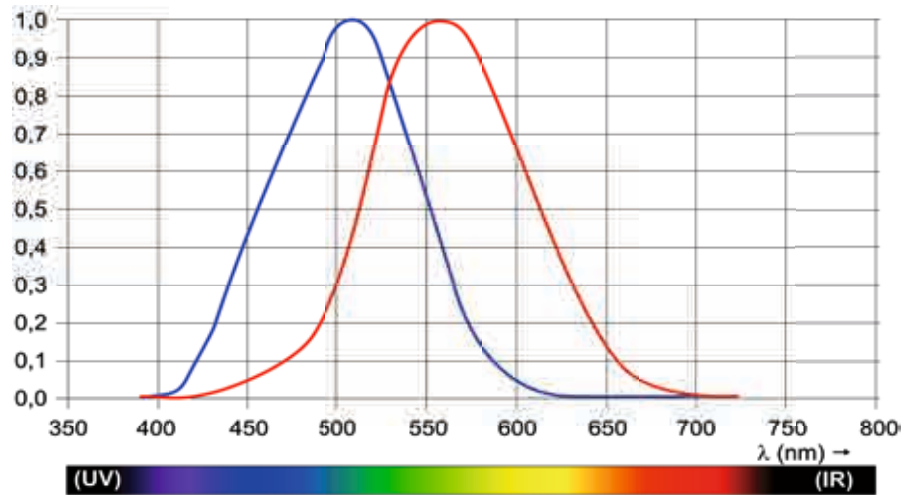


Рисунок 8. Спектральные зависимости относительной чувствительности человеческого глаза для дневного (красная линия) и ночного (синяя линия) зрения [13]



Рисунок 14. Нейромобиль, управляемый «силой мысли» [32].

степень напряжения водителя, была применена для исследования влияния геометрических параметров дорожной разметки на иллюзию снижения скорости движения на кривых поворотах различного радиуса. О новых возможностях использования достижений технологий визуализации, Data Mining с применением результатов автоматизированной обработки многоканальной диагностики дорожной сети современными интегрированными системами, рассказал в своем докладе заместитель директора Института транспортного инжиниринга Университета Циньхуа Runhua Guo [19]. Очень системно и методично данный подход описан в работе испанских разработчиков из университета Алкала (University Alcal, Madrid) [20]. Основываясь на положительных результатах опытных применений симуляторов, построенных с использованием данных интегрированной диагностики дорожной сети, ученые



Шанхайского университета (Tongji University) совместно со специалистами Международной программы оценки дорог (iRAP) разработали общенациональную программу оценки безопасности дорог КНР с применением соответствующих систем оценки безопасности дорожного движения [21, 22]. В работе [23], выполненной в Уханском университете технологии (Wuhan University of Technology) с помощью системы микросимуляции дорожного потока на участке, вводимом после реконструкции с установкой на части дистанции разделительных барьеров, с помощью системы оценки безопасности дорожного движения SSAM оценивалась вероятность возникновения дорожных инцидентов при различных дорожных условиях. В работе того же университета [24] приведены результаты исследования влияния параметров имитируемого светодиодного освещения на формирование иллюзии наклона, а в работе Hefei University of Technology [25] — в рамках модельного эксперимента проведена оценка безопасной

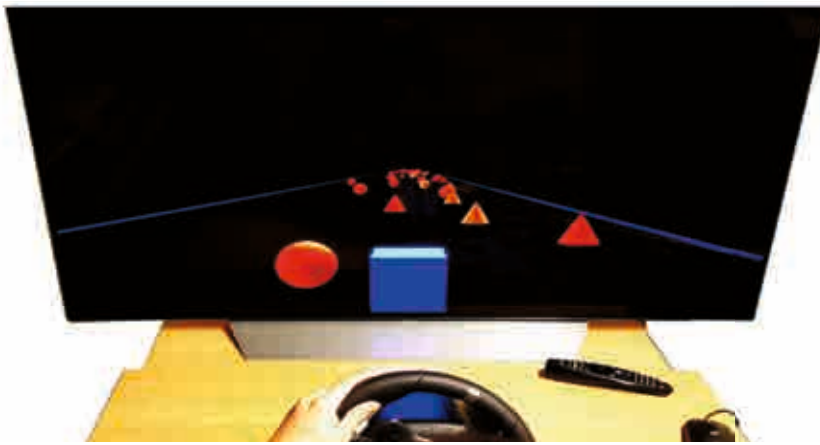


Рисунок 10. Задача высокоскоростного вождения. Участник проводит голубой куб обходя конические/сферические препятствия на пути, который ограничен с обеих сторон голубыми параллельными линиями. Игра была создана для изучения механизмов адаптации к уровню сложности (скорости) при формировании у испытуемого навыка прохождения препятствий [16].



Рисунок 11. Пример анализа структуры распределения точек зрительного поля с фиксацией поворотов головы при вождении [17]



Рисунок 12. Доклад Runhua Guo о современных интегрированных системах многоканального сканирования на BRITAS WTC-2019 [19]

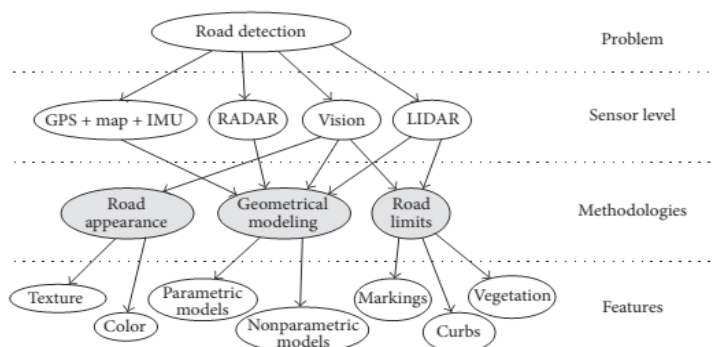


FIGURE 1: Classification of different road detection approaches depending on the sensor and the methodology.

Рисунок 13. Классификация различных подходов к диагностике дорог в зависимости от сенсоров и методологии [20].

дистанции для различных условий видимости.

В коллективном проекте ряда университетов [26] для различных уровней состояния дорожных условий и расчетной скорости движения определены оптимальные расстояния размещения предупреждающих знаков на 8-полосной дороге.

Целый цикл исследований с применением симуляционных экспериментов был посвящен анализу причин трагического инцидента в правом портале тоннеля на автомагистрали Xi'an-Hanzhong в августе 2017 года, приведших к гибели 36 и ранениям 13 человек [31].

В ходе этих экспериментов, проведенных в Уханском университете технологий (Wuhan University of Technology), было установлено:

- значительное влияние количества светоотражающих элементов и протяженности боковых знаков корректировки направления движения на формирование иллюзий, искажающих восприятие водителем кривизны поворота[27];
- при увеличении кривизны поворота в тоннеле возрастает дискретность и угол саккадических движений глаз, которые при этом более стабильны при правом повороте, чем при левом повороте[28];
- высокая степень корреляции дорожных инцидентов со степенью напряжения водителей, репрезентативно контролируемой по частоте сердечного ритма [29]; зрительные нагрузки водителей грузовиков и на выезде из тоннеля выше, чем у водителей легковых автомобилей и на въезде в тоннель [30].

На основании выводов, сделанных по результатам данных исследований и детального разбора произошедшего инцидента, планируется внести существенные улучшения в стандарты проектирования тоннелей [31]

В заключение хотелось бы отметить, что созданные российскими учеными из Нижегородского университета имени Н.И. Лобачевского мобильные системы, применимые, в том числе, для проведения «полевых» психофизиологических наблюдений, открывают не менее масштабные перспективы для исследователей и специалистов, работающих в области обеспечения безопасности дорожного движения [32]. ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамулат С.Л. «О тенденциях развития информационно-транспортных систем./ Журнал «Дороги. Инновации в строительстве», №72, сентябрь 2018 г.
2. Dhingra S.L., Gull I. "Traffic Flow Theory Historical Research Perspectives"/ Transportation Research Circular E-C149, June 2011, p. 45-62.
3. Ran B., Perspectives on Development and Implementation of Connected Automated Vehicle Highway (CAVH) Systems/ The report at the plenary session of World Transport Convention 2019, Beijing, June, 14, 2019.
4. Ran B. and Tsao H.S.J. "Traffic flow analysis for an automated highway system" TRB, 1996.
5. Делегация CATARC и BAIC посетила группу компаний CompMechLab. 30 августа 2017/ URL: [https://nangs.org/news/members/delegatsiya-catarc-i-baic-posetila-gruppu-kompanij-compmechlab].
6. Jin Jing. Unmanned Vehicle Fault Diagnosis Based on BP Neural Network and Expert System/ report at the WTC-2018, Beijing, June 2018.
7. Li Xu, Zheng Zhiyong, Xu Qimin (Southeast University), Li Honghai (National Intelligent Transport Systems Center of Engineering and Technology) A Comparison of Several Deep Learning-Based Road Scene Segmentation Methods/ report at the WTC-2018, Beijing, June 2018.
8. Jun Zhang, Intelligent Networking and Intelligent Transportation, President of Beijing Institute of Technology The report at the plenary session of World Transport Convention 2019, Beijing, June, 14, 2019.
9. Alain L. Kornhauser. R/Evolution of SmartDrivingCars in the US/ Report at the plenary session of World Transport Convention 2018, June, Beijing.
10. Yang Fei, Jiang Haihang, Yao Zhenxing, Zhou Jianyao// How Road Service Levels Affect Trip Mode Detection Based on GPS Data report at the WTC-2018, Beijing, June, 2018.
11. Мамулат С.Л. «Московское время» - высокоточная система геопозиционирования и синхронизации на основе метода РСДБ./ Доклад на IX Сессии Советов Координационного транспортного совещания стран - участников СНГ, Ростов-на Дону, Май 2019 г.
12. Коноплянко В.И. Основы управления автомобилем и безопасность дорожного движения: учеб. пособие / В.И. Коноплянко, В.В. Зырянов, Ю.В. Воробьев. - М.: Высш. шк. 2015.
13. David L. DiLaura, Kevin W. Houser, Richard G. Mistrick, Gary R. Steffy "The Lighting Handbook. Tenth Edition: Reference and Application"/ Illuminating Engineering Society of North America, 2011.
14. Otto Lappi, "Future path and tangent point models in the visual control of locomotion in curve driving."/ Journal of Vision (2014 14(12):21, 1-22).
15. Lappi, O. & Mole, C. D. (2018). Visuomotor control, eye movements, and steering: A unified approach for incorporating feedback, feedforward, and internal models./ Psychological Bulletin, https://doi.org/10.1037/bul0000150.
16. Benjamin U. Cowley at. All. Flow Experiences During Visuomotor Skill Acquisition Reflect Deviation From a Power-Law Learning Curve, but Not Overall Level of Skill. Frontiers in psychology, May 2019.
17. Otto Lappi, Paavo Rinkkala and Jami Pekkanen. Systematic Observation of an Expert Driver's Gaze Strategy – An On-Road Case Study. Frontiers in psychology. April 2017.
18. Shang Ting, Tang Boming, Bai Jingrong, Sheng Qijin. Research on the Visual Illusion Speed Deceleration Marking of Road Curve/ Report at WTC-2019, Beijing, June 2018
19. Integrated Transportation Infrastructure Management: From data to Decision Making / The report at the BRITA Symposia of World Transport Convention 2019, Beijing, June, 15, 2019).
20. Carlos Fernandez, David Fernandez-Llorca. And Miguel A. Sotelo/ A Hybrid Vision-Map Method for Urban Road Detection/ Journal of Advanced Transportation, Volume 2017, 21p.
21. Xuesong Wang, Highway Design Safety Evaluation Using Driving Simulator/ The report at the BRITA Symposia of World Transport Convention 2019, Beijing, June, 15, 2019.
22. Greg Smith/Advancing Road Infrastructure Safety Worldwide/ Strategic Project Director, iRAP/ The report at the BRITA Symposia of World Transport Convention 2019, Beijing, June, 15, 2019.
23. Du Zijun, Hou Wei, Lv Nengchao, Liu Zhaoxin, Wang Xu. Traffic Simulation and Safety Evaluation on Central Separation Opening of Reconstructed Freeway/ Report at WTC-2019, Beijing, June 2019.
24. Ni Yudan, Du Zhigang, Yang Libo. Improvement Research on Slope Illusion of Urban Subaqueous Tunnel/ Report at WTC-2019, Beijing, June 2019.
25. Wang Kun Zhang Weihua Feng Zhongxiang Yuan Quan Wang Cheng. Research on the Classification for Road Traffic Visibility Based on the Characteristics of Driving Behaviour-A Driving Simulator Experiment/ Report at WTC-2019, Beijing, June 2019.
26. Liang Guohua, Ma Yanfeng, Li Rui, Shi Borui, Sun Xujiao. Placement Distance of Exit Advance Guide Sign on an Eight-Lane Expressway Considering Lane Changing Behavior/ Report at WTC-2019, Beijing, June 2019.
27. Yang Libo, Du Zhigang, Yu Xinyu, Jiang Jingang, Ni Yudan. Research on a Control Method for Curve Illusion in Curve Road Section of Expressway Tunnels/ Report at WTC-2019, Beijing, June 2019.
28. Jiao Fangtong, Du Zhigang, Jiang Jingang, Ni Yudan/ Research on Drivers' Saccade Characteristics of Urban Underwater Tunnel with Different Curvatures and Turnings/ Report at WTC-2019, Beijing, June 2019.
29. Zhou Ying, Lv Nengchao, Xie Lian, Wu Chaozhong. Freeway Accident-Prone Section Identification Approach Based on Driving Workload/ Report at WTC-2019, Beijing, June 2019.
30. Wang Shoushuo, Du Zhigang, Liu Haige, Chen Yun. Research on Driver's Visual Load of Low-Grade Highway Optical Long Tunnel/ Report at WTC-2019, Beijing, June 2019
31. Qiao Qingqing The Fatal Traffic Accident in Tunnel Portal: A Case Study and Perspective/ Report at WTC-2019, Beijing, June 2019.
32. Казанцев В.Б., Ли А.Н. «Разработки Нижегородского университета имени Н.И.Лобачевского в области нейронаук для транспортных применений». Доклад на IX Сессии Советов Координационного транспортного совещания стран – участников СНГ, Ростов-на Дону, Май 2019 г.