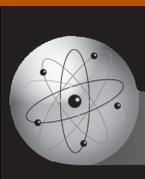




УДК 004; 629.3.053
DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-1-74-90>



НАУКА И ТЕХНИКА

Перспективы применения искусственного интеллекта и компьютерного зрения в транспортных системах и подключенных автомобилях



Постолит Анатолий Владимирович – компания Smart Information Systems, Москва, Россия.*

Анатолий ПОСТОЛИТ

Как показывает статистика, использование на автомобилях искусственного интеллекта и машинного зрения позволяет серьёзно повысить безопасность дорожного движения. Ещё до того, как на дорогах начнёт преобладать беспилотный транспорт, подключенные автомобили с системой ADAS на базе компьютерного зрения позволят серьёзно снизить аварийность на дорогах. Новые автомобильные технологии, такие как машинное зрение, позволяют не только повысить безопасность дорожного движения, но и открывают новые возможности по развитию бизнеса компаний из смежных отраслей, таких как страхование, каршеринг и подготовка водителей. Уже в ближайшем будущем автомобильный рынок, службы автосервиса и близкие к транспорту отрасли кардинально изменятся. А значит те, кто инвестирует в подобные разработки уже сейчас, смогут захватить лидерство в эпоху распространения инновационных технологий.

В современных автомобилях видеорекамеры используются не только как альтернатива зеркалу заднего вида, но и являются важной частью систем активной безопасности. Их задача, в первую очередь, заключается в поддержке систем защиты от столкновений при обнаружении объектов. Камеры

также используются для слежения за полосой движения, для автоматического распознавания дорожных знаков и светофоров, следят за состоянием водителей. Вместе с радарными и лидарными они используются для управления беспилотными автомобилями. Однако это далеко не все возможные сферы полезного использования видеорекамер на борту транспортного средства. С развитием систем искусственного интеллекта, с уменьшением размеров и увеличением мощности бортовых вычислительных средств, с повышением пропускной способности средств мобильной связи и развитием облачных технологий появляется возможность реализации новых сервисов на основе видеорекамер и компьютерного зрения.

Исходя из этого, целью данной статьи является анализ тенденций развития искусственного интеллекта, систем компьютерного зрения и, с учётом этих тенденций, формирование перечня полезных сервисов на их основе. В статье приводятся сведения о том, что уже сегодня могут «видеть» автомобили, как они это делают, и какие полезные сервисы можно реализовать для водителей, для транспортных организаций и для связанных с транспортом смежных сфер.

Ключевые слова: транспорт, искусственный интеллект, нейронные сети, машинное обучение, компьютерное зрение, подключенные автомобили.

*Информация об авторе:

Постолит Анатолий Владимирович – доктор технических наук, профессор, директор компании Smart Information Systems, Москва, Россия, ✉ anat_post@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 25.01.2021, принята к публикации 26.02.2021.

For the English text of the article please see p. 83.

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерное зрение и искусственный интеллект — одни из самых востребованных направлений в современном мире информационных технологий. При этом существует множество «мифов» вокруг компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Одни считают, что компьютеры уже легко могут «видеть» и «мыслить», превосходя человека. Другие, наоборот, думают, что это просто фантазии или рекламный ход технологических компаний.

Первые попытки заставить компьютер «видеть» относятся к началу 60-х годов XX века. Однако лишь в последние годы с повышением вычислительных мощностей и объёмов памяти технологии искусственного интеллекта, машинного обучения и компьютерного зрения стали находить всё больше применений в различных отраслях, включая транспорт [1].

Автоиндустрия считается «первопроходцем» в области применения систем машинного зрения и самым крупным их потребителем. Автомобильная индустрия формирует до 23 % рынка продуктов компьютерного зрения. Не удивительно, что машинное зрение стало активно использоваться и в самих автомобилях, а не только на этапах их производства [2]. В настоящее время компьютерное зрение применяют в автопилотировании, при распознавании различных объектов — автомобилей, полос движения, автомобильных номеров, дорожных знаков, светофоров, пешеходов и т.д. С его помощью можно оценить расстояние до соседних автомобилей и их скорость, получить рекомендации по выбору безопасной дистанции и скорости. Оно позволяет оценивать различные действия и состояния водителя, такие как: засыпание, отвлечение от дороги, разговоры по телефону, курение и т.п. Применение компьютерного зрения в автомобилях положительно влияет на снижение аварийности.

Камеры заднего вида, заменившие зеркала, впервые появились в концепт-карах. Первым таким автомобилем стал Buick Centurion, представленный в 1956 году [3]. В концептуальной версии автомобиля не было зеркал заднего вида, они были заменены камерой, размещён-

ной в двери багажника. Изображение с камеры выводилось на дисплей, установленный на приборной панели. Конечно, в 1956 году экран монитора выглядел как маленький кинескоп. Идея использовать камеру в качестве зеркал была подхвачена Volvo в 1972 году. Производитель впервые установил её на автомобиле Volvo Experimental Safety Car непосредственно над задним бампером. Ситуация изменилась в 1991 году. На японском рынке появилось третье поколение Toyota Soarer, более известное как Lexus SC (модель Z30). По запросу в автомобиль можно было установить камеру под задним спойлером. Изображение, по традиции, транслировалось на уже цветной экран внутри салона. Камеры заднего вида навсегда вошли в автомобили только после 2000 года [3].

В современных автомобилях видеокамеры являются важной частью систем активной безопасности, а не только как альтернатива зеркалу заднего вида. Они используются для слежения за полосой движения в ночное время, для обнаружения и распознавания дорожных знаков и светофоров, следят за состоянием водителей, сигнализируя о засыпании, участвуют в управлении беспилотными автомобилями. Однако это далеко не все возможные сферы полезного использования видеокамер на борту транспортного средства. В последнее десятилетие далеко продвинулись системы искусственного интеллекта и машинного обучения, возросла мощность бортовых миникомпьютеров. Появились более скоростные каналы в средствах мобильной связи, что дало толчок к развитию облачных технологий и распределённых сервисов.

Исходя из этого, возникла потребность в анализе тенденций развития искусственного интеллекта, систем компьютерного зрения и, с учётом этих тенденций, формирования перечня новых полезных сервисов на их основе, что и явилось целью написания данной статьи. Уже сегодня автомобили могут «видеть» и «анализировать» гораздо больше информации, чем раньше. И не только видеть, но и сообщать об увиденном другим участникам дорожного движения и различным наземным службам.





РЕЗУЛЬТАТЫ

Описание технологии

В современных автомобилях камеры являются важной частью систем активной безопасности. Их задача, в первую очередь, заключается в поддержке систем защиты от столкновений при обнаружении объектов. Камеры также используются для слежения за полосой движения, автоматического распознавания дорожных знаков и светофоров. Вместе с радаром и лидаром они используются для управления беспилотными автомобилями.

По своему функциональному назначению системы компьютерного зрения для пилотируемых автомобилей можно разбить на следующие группы:

- оценка состояния водителя;
- оценка действий водителя;
- оценка окружающей обстановки.

Что касается оценки состояния водителя, то современные системы способны решать следующие задачи:

- фиксация засыпания водителя и выдача сигналов для пробуждения;
- фиксация отвлечения от дороги (курение, разговор по телефону, еда, направление взгляда не на дорогу, нехарактерная поза и т.п.);
- распознавание личности водителя, находящегося за рулём.

Последняя функция актуальна, например, для проверки личности водителя, который должен иметь допуск на управление (таксомоторы, специальный транспорт), для автомобилей каршеринга, где нужно проверить, что за руль сел именно тот человек, который арендовал автомобиль.

С использованием искусственного интеллекта и систем компьютерного зрения можно оценить следующие действия водителя:

- зафиксировать выезд за пределы дорожной разметки или пересечение сплошных линий;
- оценить дистанцию до впереди идущего транспорта и предупредить об опасном сближении;
- определить скорость движения собственного автомобиля и предупредить об опасном превышении;
- зафиксировать агрессивную манеру движения (частая смена полосы – «игра в шашечки»).

Что касается оценки окружающей обстановки, то с помощью видеокамеры, направленной в сторону движения, можно:

- распознать светофоры и их текущие сигналы;
- распознать дорожные знаки с получением подсказки о допустимом режиме движения;
- зафиксировать транспорт, внезапно появившийся слева или справа с прилегающих дорог;
- распознать пешеходов, велосипедистов, мотоциклистов и другие объекты перед автомобилем и на обочине, получить предупреждение об опасном сближении;
- оценить качество разметки дорожного полотна;
- зафиксировать скорость движения обгоняющего транспорта;
- распознать и зафиксировать автомобильные номера попутного транспорта;
- зафиксировать ДТП или наличие на дороге посторонних предметов, влияющих на безопасность движения (покрышки, большие лужи, ямы, камни, трещины, мусор и т.п.).

С момента своего изобретения автомобили изменились кардинально. Уже испытываются беспилотные и летающие автомобили, которым пророчат большое будущее, а подключенные автомобили (Connected Car) ездят по дорогам уже сегодня. Подключенный автомобиль – это транспортное средство, которое обменивается данными с другими автомобилями и устройствами, сетями и сервисами, охватывающими обширную инфраструктуру, включая дом и офис.

Первыми подключенными автомобилями можно считать автомобили с телефонами, примитивные модели которых выехали на улицы США ещё в 1946 г. Весом более 35 килограмм с ограниченным функционалом автомобильные телефоны первоначально использовали в основном водители-экспедиторы, журналисты и важные персоны [4, с. 1]. В 1968 году произошёл ещё один прорыв, значимый для рынка подключенных автомобилей: фирма Volkswagen представила первую бортовую компьютерную систему [4, с. 1].

Необходимым элементом Connected Car является наличие стабильного канала связи. Если рассматривать вопрос с этой точ-

ки зрения, то первый «подключенный» автомобиль был создан General Motors (GM) в сотрудничестве с Motorola Automotive. Решение называлось OnStar, оно вышло на американский рынок в 1996 году [4, с. 2]. Благодаря этому была реализована возможность подключения автомобиля к сетям сотовой связи и появилась новая ниша для инноваций в области безопасности.

Следующие новшества не заставили себя долго ждать, и уже в 2001 году первые мобильные телефоны были подключены к автомобилю через Bluetooth [4, с. 3]. Этот этап открыл концепцию громкой связи через мобильный телефон, а также положил начало технологиям распознавания голоса. В 2003 году компания GM реализовала возможность получать дистанционные отчёты о состоянии автомобиля, передавать навигационные параметры GPS, получать данные из интернета [4, с. 3]. По мере развития технологий сотовой связи с 2007 года автоконцерны начали один за другим встраивать в свои автомобили телематические системы, использующие каналы передачи данных сотовых операторов. В 2008 году на борту автомобилей впервые появился Wi-Fi [4, с. 3].

В целом «подключенные» функции можно разделить на пять больших категорий – это безопасность (системы помощи водителю ADAS), навигация, информирование и развлечения, диагностика и платежи. Для обеспечения обмена информацией между автомобилями и соответствующими сервисами необходима телематическая платформа, и такая платформа в России уже создаётся. В 2019 году официально запущен проект по её созданию [5], а в декабре 2020 года был утверждён Российский стандарт по сбору автомобильных данных [6].

При наличии такой платформы, а также с учётом последних достижений в области искусственного интеллекта и компьютерного зрения открываются возможности создания новых сервисов для подключенных автомобилей. Кроме автомобилей, которые являются и источниками, и потребителями данных, возникает целый ряд новых потребителей, для которых может быть полезна информация, получаемая от подключенных автомобилей. К таким по-

требителям помимо граждан, имеющих личный транспорт, могут быть отнесены:

- пассажирские предприятия (автобусные, троллейбусные, трамвайные, таксомоторные);
- агрегаторы таксомоторных перевозок;
- автошколы;
- страховые компании;
- каршеринговые компании;
- подразделения ГИБДД (патрульные службы, подразделения приёма экзаменов по вождению);
- подразделения МВД и МЧС;
- станции скорой помощи;
- дорожные службы.

Рассмотрим более детально, какие новые решения могут быть реализованы для приведённых выше потребителей и граждан при использовании искусственного интеллекта и систем компьютерного зрения в подключенных автомобилях.

Пассажирские транспортные предприятия

Для работников автотранспортных предприятий представляют интерес все решения, которые касаются мониторинга состояния водителей в период их работы на линии и фиксации нарушений ПДД. Это необходимо для оценки водительского поведения, от которого зависит здоровье и жизнь множества пассажиров. Службы безопасности движения автотранспортных предприятий могут с использованием таких систем стажировать водителей, оценивать результаты стажировки, принимать объективное, а не субъективное решение о допуске водителей к работе на маршрутах. Данные мониторинга водительского поведения во время работы на линии позволят поощрять аккуратных водителей и наказывать нарушителей. Кроме того, система компьютерного зрения может фиксировать автомобили, которые выезжают на полосу выделенного движения для общественного транспорта, распознавать их номера и отправлять сведения о нарушителях в органы ГИБДД через телематическую платформу.

Агрегаторы таксомоторных перевозок

Агрегаторы таксомоторных перевозок смогут контролировать манеру вождения водителей во время их работы на линии,



поощрять аккуратных водителей, наказывать нарушителей. Появляется возможность фиксировать личность водителя, находящегося за рулём, контролировать его режим работы (превышение продолжительности смены), выявлять факты работы за рулём водителей, не имеющих лицензии на таксомоторные перевозки. Кроме того, данная система может фиксировать автомобили, которые выезжают на полосу выделенного движения для общественного транспорта, распознавать их номера и отправлять сведения о нарушителях в органы ГИБДД через телематическую платформу. Видеокамера, направленная в салон транспортного средства, кроме того, сможет фиксировать случаи неадекватного поведения пассажиров, включая нападения на водителя, а также контролировать выручку.

Автошколы (интеллектуальный инструктор)

Система компьютерного зрения сможет контролировать количество часов учебного вождения каждого курсанта, все факты отвлечения курсанта от дороги, все нарушения ПДД, неуверенное движение в пределах дорожной разметки, несоблюдения дистанции или скоростного режима. Это поможет курсанту просмотреть видеоматериалы, самостоятельно или с инструктором автошкола выполнить аналитический разбор ошибок, совершённых во время учебных заездов. В процессе обучения можно объективно оценивать степень подготовленности того или иного курсанта, принимать обоснованное решение о качестве обучения и о возможности допуска курсанта к экзаменам в ГИБДД.

Подразделения ГИБДД (приём экзаменов по вождению)

Во время сдачи экзамена по вождению система компьютерного зрения сможет объективно зафиксировать все ошибки и нарушения, сделанные курсантом во время теста. Инспекторы ГИБДД смогут объективно оценивать степень подготовленности того или иного курсанта автошколы. Система позволит указать на все допущенные ошибки курсанта и подвести итог экзамена в виде балльной оценки по совокупности всех ошибок. Это позволит повысить объективность принятия решения о сдаче или несдаче эк-

замена по вождению. Система поможет исключить пропуски ошибочных действий водителя из-за невнимательности экзаменатора или, наоборот, не даст возможность приписать ошибки в случае предвзятых действий экзаменатора. Видеоматериалы теста могут быть использованы в случаях подачи апелляции со стороны курсанта, для оценки качества работы инспекторов, принимающих экзамены. Накопленные данные позволят объективно оценить эффективность и качество работы автошкол.

Подразделения ГИБДД (патрульные службы)

В случае объявления автомобиля в розыск он вносится в базу разыскиваемых автомобилей телематической платформы. Все подключенные транспортные средства (автобусы, троллейбусы, трамваи, таксомоторы, грузовые автомобили, транспорт каршеринга, личные автомобили, специальный транспорт) в автоматическом режиме через телематическую платформу получают сведения о разыскиваемой машине. В процессе движения видеокамеры этих автомобилей смогут в фоновом режиме распознавать номера всех окружающих автомобилей. В случае обнаружения разыскиваемого автомобиля его местонахождение будет передано через телематическую платформу патрульным службам ГИБДД, которые смогут произвести его оперативное задержание. Таким образом, к обнаружению разыскиваемого автомобиля одновременно подключатся десятки или даже сотни тысяч машин в заданном регионе, что обеспечит оперативность его поиска и перехвата. Кроме того, все подключенные транспортные средства могут быть задействованы в выявлении фактов нарушения скоростного режима попутного транспорта. Обработав видеопоток, можно определить скорость обгоняющего транспортного средства, при превышении допустимой скорости зафиксировать его номер и передать в телематическую платформу данные о нарушителе скоростного режима. Это по сути миллионы мобильных камер фиксации нарушений скоростного режима. Такой подход позволит значительно снизить количество ДТП, связанных с превышением скорости.

Страховые компании

Для страховых компаний представляют интерес все функции систем компьютерного зрения, которые касаются оценки состояния водителя и соблюдения им ПДД. Достоверные результаты мониторинга водительского поведения могут служить основой для персонального снижения или увеличения суммы страховых взносов. Кроме того, по обоюдному согласию страховой компании и владельца автомобиля застрахованное транспортное средство может быть задействовано в системе фиксации нарушений ПДД и в системе «перехват» угнанных автомобилей. За это страховые компании смогут получить дополнительный доход от государственных структур (как организатор создания сети мобильных камер), а страхователь транспорта — скидки на страховку (за счёт использования его автомобиля в вышеназванных системах).

Каршеринговые компании

Владельцы каршеринговых компаний смогут осуществлять мониторинг манеры вождения своих клиентов. Появляется возможность фиксировать личность водителя, находящегося за рулём, контролировать его режим работы (превышение продолжительности непрерывного управления автомобилем, управление в неадекватном состоянии), выявлять факты нахождения за рулём водителей, не имеющих допуск к арендуемому транспорту. Блокировать движение автомобиля с места в том случае, если за руль сел не зарегистрированный в системе водитель. Достоверные результаты мониторинга водительского поведения могут служить основой для персонального снижения или увеличения платы за аренду автомобиля. Транспорт каршеринговой компании может быть задействован в системе фиксации нарушений ПДД и в системе «перехват» угнанных автомобилей. За это каршеринговые компании смогут получить дополнительный доход от государственных структур (как организатор создания сети мобильных камер), за счёт этих средств частично снижать арендную плату, что может привлечь большее число клиентов.

Дорожные службы

Все подключенные автомобили могут быть задействованы в системе мониторинга состояния дорог (качество разметки, ямы, трещины) и наличия на дороге или обочине посторонних предметов, влияющих на безопасность движения (покрышки, большие камни, мусор и т.п.). Эта информация будет автоматически поступать в телематическую платформу, а из неё соответствующим дорожным службам. Это позволит оперативно информировать дорожные службы о наличии проблем на удалённых участках дорог и принимать соответствующие меры по их устранению. Кроме того, другие подключенные автомобили получают оперативную информацию о наличии опасности на том или ином участке дороги.

Телематическая платформа

Данная платформа выступает как единый центр сбора и обработки данных с подключенных автомобилей о различных типах нарушений ПДД, мониторинга состояния водителей и водительского поведения, поиска угнанных автомобилей, состоянии дорог и т.п. Через данную платформу происходит обмен данными между подключенным транспортом и потребителями поступающей с него информации. Здесь формируются отчётные статистические данные, на основе которых будут приниматься решения о принятии тех или иных мер по повышению безопасности движения. Можно также наладить контроль выполнения тех или иных мероприятий (например, заделана ли яма на дороге, убран ли мусор с обочины, исправлена ли стёртая дорожная разметка и т.п.).

Принципиальная схема работы программных средств компьютерного зрения для подключенных автомобилей представлена на рис. 1.

Для реализации системы компьютерного зрения на подключенном автомобиле кроме спутникового навигационного приёмника необходимо иметь, как минимум, две портативные видеокamеры (для обзора салона и дороги перед автомобилем) и миникомпьютер с соответствующим программным обеспечением, которое решает следующие задачи:



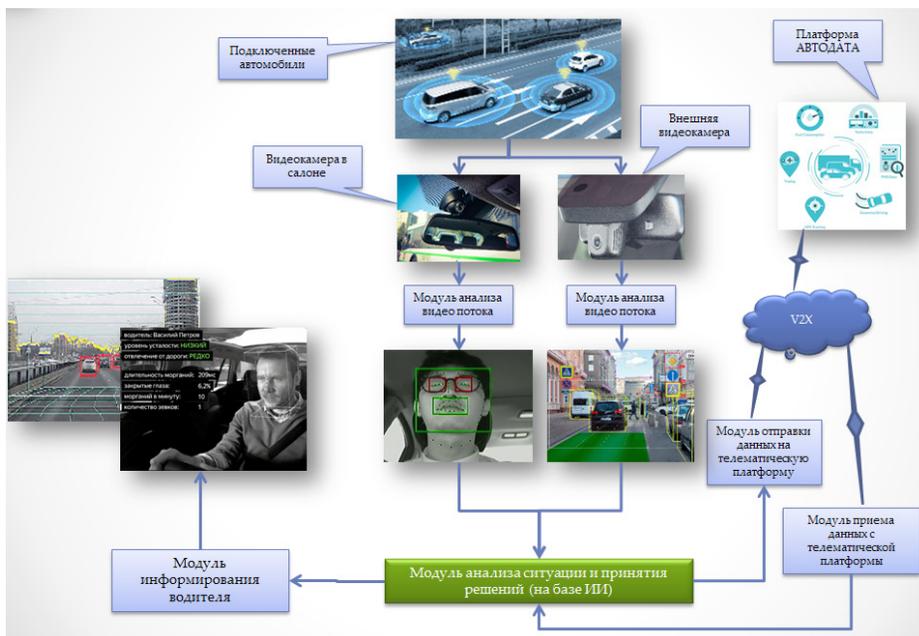


Рис. 1. Принципиальная схема работы программных средств компьютерного зрения для подключенных автомобилей (выполнено автором).

- анализ видеопотока;
- анализ текущей ситуации и принятия решений;
- связь с телематической платформой (отправка и получение данных);
- информирование водителя.

Данное программное обеспечение работает в следующей последовательности. Модуль анализа видеопотока в фоновом режиме обрабатывает поступающие изображения, сегментирует и распознаёт различные объекты. Модуль анализа текущей ситуации и принятия решений обеспечивает формирование журнала различных событий, которые касаются состояния водителя, его действий, параметров окружающей среды и дорожной обстановки. Модуль связи с телематической платформой обеспечивает отправку на серверную площадку информации из журнала событий и получение полезной информации с телематической платформы. Модуль информирования доводит до водителя все полезные оперативные сведения в виде звуковых или визуальных сообщений.

В настоящее время компания Smart Information Systems приступила к реализации программного обеспечения сервисов для подключенных автомобилей. Решение подобного класса задач основано на использовании нейронных сетей, машинно-

го обучения и различных методов обработки изображений. При этом используются следующие инструментальные средства:

- язык программирования Python;
- специализированные библиотеки для построения нейронных сетей и машинного обучения (Keras [7], PyBrain [8], Scikit-learn [9], TensorFlow [10], PyTorch с torchvision [11] и др.);
- библиотеки для обработки изображений и работы с матрицами (OpenCV [12], ImageAI [13], NumPy).

Для упрощения создания аналогичных приложений и сокращения программного кода разработана собственная библиотека постобработки изображений (Postoperative Library for Image Transformation – PostoLIT).

На сегодняшний день с использованием этого инструментария реализованы некоторые базовые модули системы компьютерного зрения для подключенных автомобилей, в частности:

- нейронные сети R-CNN для распознавания объектов дорожной инфраструктуры (дорожная разметка, автомобили, пешеходы, светофоры, дорожные знаки и т.п.);
- модули сегментации и кластеризации изображений на основе каскадов Хаара;
- модули распознавания и сегментации экземпляров объектов на базе сетей Mask R-CNN;

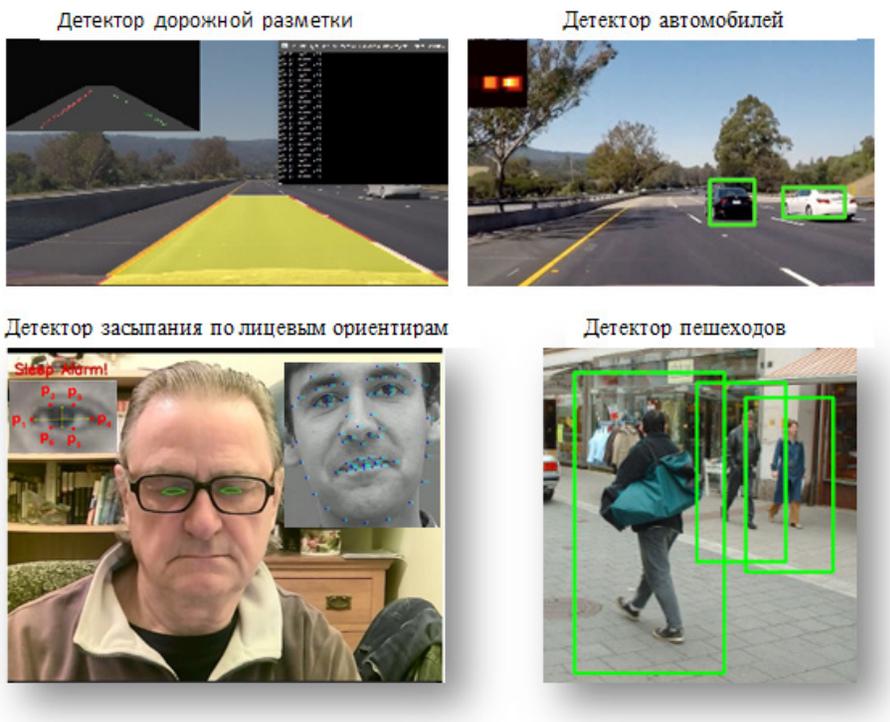


Рис. 2. Примеры работы некоторых программных модулей компьютерного зрения для подключенных автомобилей (выполнено автором).

• модули распознавания состояния водителя на основе детекторов лицевых ориентиров и элементов лица (засыпание, отвлечение от дороги, разговор по телефону и т.п.).

Примеры работы некоторых программных модулей приведены на рис. 2.

Количество подключенных автомобилей постоянно растёт. Если в 2015 году в мире было 26,5 млн подключенных автомобилей, то к 2022 году их количество возрастёт до 82,5 млн [14]. В России, где к настоящему моменту зарегистрировано 53 млн транспортных средств [15], наблюдается аналогичная тенденция. Если по итогам 2019 года количество подключенных автомобилей было около 8,4 млн, то к 2025 году ожидается их увеличение до 20 млн (рис. 3) [16].

Постоянный рост количества подключенных автомобилей говорит о перспективах востребованности для них систем компьютерного зрения. Однако есть достаточно серьёзный фактор, который сдерживает развитие на автомобильном транспорте систем, основанных на нейросетевых технологиях обработки изображений, — это нехватка квалифицированных кадров. Со-

гласно статистике общее количество ИТ-специалистов в России среди трудоспособного населения составляет всего 1,5 %. Для сравнения в Финляндии — 7 %, Великобритании — 5 %, Норвегии 5,5 %. Годовая потребность в ИТ-специалистах для России на 2020 год составляла 220 тыс., к 2024 году она возрастёт до 300 тыс. чел. [17]. Для создания систем на базе искусственного интеллекта нужны не просто программисты, а специалисты с глубоким знанием высшей математики и пониманием процессов в той прикладной области, для которой разрабатываются интеллектуальные системы. В настоящее время в России уже более 50 вузов готовят специалистов по искусственному интеллекту. Однако всё равно ощущается острая нехватка таких специалистов. Для покрытия этих потребностей нужны меры по подготовке кадров соответствующей квалификации. С этой точки зрения была своевременно запущена реализация Федерального проекта «Кадры для цифровой экономики». Эти шаги позволят ускорить темпы развития нейросетевых технологий и систем компьютерного зрения, в том числе и на автомобильном транспорте.





Рис. 3. Динамика роста в России количества подключенных автомобилей [16].

ВЫВОДЫ

1. Компьютерное зрение и искусственный интеллект является, пожалуй, самым востребованным направлением развития информационных технологий.

2. Количество подключенных автомобилей постоянно растёт, появляются автомобили с полуавтономным и автономным вождением, соответственно востребованность инновационных сервисов на основе компьютерного зрения для этой группы автомобилей будет только возрастать.

3. Для успешного создания и развития новых видов сервисов для подключенных и беспилотных автомобилей требуется пересмотр и совершенствование системы подготовки кадров, реализация новых видов образовательных программ с упором на изучение специальных разделов математики, нейронных сетей, машинного обучения и компьютерного зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Компьютерное зрение и искусственный интеллект: современные мифы и перспективы применения. [Электронный ресурс]: <https://integral-russia.ru/2019/06/28/kompyuternoe-zrenie-i-iskusstvennyj-intellekt-sovremennye-mify-i-perspektivy-primeneniya/>. Доступ 25.02.2021.

2. Машинное зрение: что и как видят автомобили. [Электронный ресурс]: <https://habr.com/ru/company/waurya/blog/407775/>. Доступ 25.02.2021.

3. Камеры: технология, которая изменила облик автомобилестроения. [Электронный ресурс]: <https://bezopasnik.info/%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%8B-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%8F-%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B8%BE%D0%BB%D0%B0-%D0%BE/>. Доступ 25.02.2021.

4. Краткая история Connected Cars: что считать «подключенными машинами» и почему ближайшее будущее не в беспилотниках? [Электронный ресурс]: <https://habr.com/ru/company/bright-box/blog/336078/>. Доступ 25.02.2021.

5. В России стартовал проект платформы «Автодата». [Электронный ресурс]: <https://ntinews.ru/news/khronika-rynkov-nti/autonet/v-rossii-startoval-proekt-platforny-avtodata.html>. Доступ 25.02.2021.

6. ГОСТ Р 59237-2020. Платформа «Автодата». Термины и определения. [Электронный ресурс]: <http://nd.gostinfo.ru/document/6823879.aspx>. Доступ 25.02.2021.

7. Keras tutorial points (simply easy learning). [Электронный ресурс]: https://www.tutorialspoint.com/keras/keras_tutorial.pdf. Доступ 25.02.2021.

8. Welcome to PyBrain's documentation! [Электронный ресурс]: <http://pybrain.org/docs/>. Доступ 25.02.2021.

9. Documentation of scikit-learn 0.19.1. [Электронный ресурс]: <https://www.sklearn.org/documentation.html>. Доступ 25.02.2021.

10. TensorFlow API Documentation. [Электронный ресурс]: https://www.tensorflow.org/api_docs?hl=ru.

11. Pytorch documentation. [Электронный ресурс]: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html>. Доступ 25.02.2021.

12. Writing documentation for OpenCV. [Электронный ресурс]: https://docs.opencv.org/master/d4/db1/tutorial_documentation.html. Доступ 25.02.2021.

13. Official English Documentation for ImageAI. [Электронный ресурс]: <https://imageai.readthedocs.io/en/latest/>. Доступ 25.02.2021.

14. Российский рынок M2M/IoT в транспортной отрасли растёт опережающими темпами. [Электронный ресурс]: <https://www.iksmedia.ru/news/5267002-Kakovy-perspektivy-rossijskogo-rynk.html>. Доступ 25.02.2021.

15. Автостат (аналитическое агенство). [Электронный ресурс]: <https://yandex.ru/turbo/autostat.ru/s/news/42973/>. Доступ 25.02.2021.

16. Практически каждый шестой автомобиль в России имеет сетевое подключение. [Электронный ресурс]: <https://3dnews.ru/1015447>. Доступ 25.02.2021.

17. Потребность в ИКТ-кадрах вырастет на четверть. [Электронный ресурс]: <https://www.comnews.ru/content/204216/2020-01-27/2020-w05/potrebnost-ikt-kadrakh-vyrastet-chetvert>. Доступ 25.02.2021. ●