

УДК 69

DOI 10.21661/r-558429

Куломзина Е.Ю., Чуриков А.Ю.

УЛЕЙ – ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА С МОБИЛЬНЫМИ ДАТЧИКАМИ КОНТРОЛЯ ЗА ДОРОЖНОЙ ОБСТАНОВКОЙ

***Аннотация:** в статье раскрыта актуальность осуществления контроля на автодорогах с помощью современных технических средств и прогрессивного программного обеспечения. Авторами рассмотрены особенности и преимущества использования интеллектуальной транспортной системы с мобильными датчиками контроля за дорожной обстановкой.*

***Ключевые слова:** транспортная система, безопасность на дорогах, интеллектуальная транспортная система, измерение скорости, измерение местоположения, измерение направления движения, стереоизображение.*

В России темпы развития автомобильного транспорта достаточно высоки и превосходят соответствующие показатели многих стран мира. На автомобильных дорогах ежедневно совершаются сотни тысяч нарушений Правил дорожного движения (ПДД), что приводит к созданию аварийных ситуаций и, как следствие, к дорожно-транспортным происшествиям (ДТП) и человеческим жертвам.

В последние годы происходят кардинальные изменения в организации безопасности дорожного движения, и основное место в этом играют современные технологии. Так с целью повышения уровня безопасности на автомобильных дорогах общего пользования руководство ГИБДД России обратилось к ведущим производителям информационных систем и оборудования с запросом создать мобильный комплекс, способный оказать техническую поддержку патрулям ДПС для обеспечения безопасности дорожного движения. В настоящее время автоматические системы наблюдения за ситуацией на дорогах набирают все большую популярность, так как они позволяют контролировать безопасность на дорогах, следить за транспортными потоками и фиксировать нарушения правил

дорожного движения гораздо лучше, чем это сделает инспектор. Преимущества такого способа обеспечения безопасности, как видеонаблюдение на дорогах, в отличие от использования человеческих ресурсов, является его непрерывность и беспристрастность.

Согласно статистике МВД России, самый высокий процент по соотношению количества дорожно-транспортных происшествий и тяжести последствий приходится на следующие нарушения:

- 1) выезд на полосу встречного движения;
- 2) несоответствие скорости конкретным условиям движения;
- 3) нарушение правил расположения ТС на проезжей части.

Большая часть используемых сейчас систем видеонаблюдения направлены на контроль соблюдения скоростного режима движения автотранспорта, это позволяет обеспечивать контроль соблюдения ПДД на участках дороги, однако только на тех участках, которые ограничены контролем соблюдения скорости. Такие серьезные правонарушения, как выезд на встречную полосу или агрессивное вождение, остаются без контроля, так как для их выявления сложно собрать доказательную базу – недостаточно фото с одной камеры, важно показать нарушение с разных ракурсов, да и вероятность правонарушения под стационарной камерой крайне низка из-за неполного покрытия автодорог видеонаблюдением.

ООО «Автодория» при поддержке Фонда содействия инновациям (договор №602ГРНТИС5/63443) разработало программно-аппаратный комплекс «Улей» – интеллектуальную транспортную систему с мобильными датчиками контроля за дорожной обстановкой.

Интеллектуальная транспортная система с мобильными датчиками «Улей» (далее система) предназначена для:

– для одновременного автоматического измерения параметров движения (скорости движения и местоположения) транспортных средств (далее – ТС) на контролируемом участке дороги путем вычисления смещения изображений ТС в видеокадрах двух камер и сравнения их положения в кадре с использованием данных от спутниковых навигационно-мониторинговых систем;

– визирования зоны контроля, записи и автоматического формирования кадров с изображением ТС и их государственных регистрационных знаков (ГРЗ) крупным планом с внесением в них даты, времени контроля, географических координат, результатов измерений скорости и прочей информации;

– фиксации нарушений Правил дорожного движения (ПДД) в части нарушения скоростных режимов, правил парковки, выездов на встречную полосу, движению по автобусным полосам и обочинам и пр.

Система осуществляет запись видеоархива со всех источников видеосигнала, а также детектирует объекты дорожной инфраструктуры – разметку, ограждения (бордюры, барьеры, парапеты и др.), дорожные знаки, опоры освещения и фиксирует их координаты. По результатам измерений и выявленных событий с помощью алгоритмов видеоаналитики производится автоматическое выявление фактов нарушения ПДД и последующее формирование для каждого ТС доказательной базы.

Впоследствии информация с приборов поступает в облачный центр обработки данных, где аккумулируется и накладываются на электронную карту с целью проверить возможность нахождения объекта в данной точке. Например, если на карте определенная область помечена как полоса для общественного транспорта, а система выявила, что объект на ней не является таковым, то информация об этом событии будет передаваться в госавтоинспекцию для привлечения нарушителя к ответственности.

Наряду с контролем ПДД, система позволит получать в автоматическом режиме информацию о дороге и различных придорожных объектах, с построением трехмерных карт и передачей этой информации в различные геоинформационные системы.

На базе ПАК «Улей» разработана система контроля соблюдения правил дорожного движения для типов нарушений с наибольшей тяжестью последствий за счет применения сведений геоинформационной системы о разрешенных в данном местоположении расположениях и маневров транспортных средств:

– выезд на полосу встречного движения;

- несоответствие скорости конкретным условиям движения;
- нарушение правил расположения ТС на проезжей части.

Интеллектуальная транспортная система с мобильными датчиками «Улей» включает в себя:

- стереокамеры (регистраторы);
- специальное программное обеспечение (СПО);
- web-интерфейс;
- крепежные приспособления стереокамеры.

Система может быть стационарной (размещение на опоре уличного освещения) или передвижной (размещение на штативе), или мобильной (размещение на крыше автомобиля). В зависимости от варианта крепления и места использования камеры состав крепежных материалов и приспособлений отличается.

Стереокамера предназначена для захвата, фиксации и обработки видеоизображения со встроенных камер, сохранения его во встроенной памяти, обработки и (или) отправки на сервер или в базу данных Системы.

Конструктивно стереокамера представляет собой комплексное оптико-электронное устройство на базе процессора NVidia Xavier NX (рис. 1).

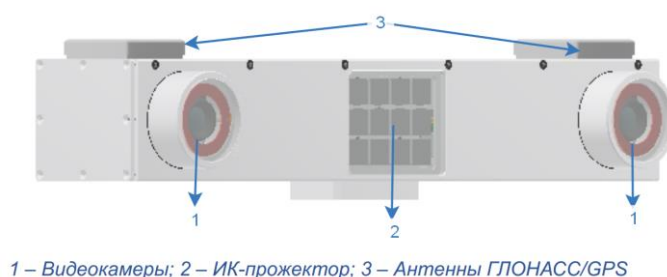


Рис. 1. Внешний вид стереокамеры

Корпус стереокамеры выполнен из алюминиевого сплава и полностью герметичен. Встроенный ИК-прожектор предназначен для освещения объектов, наблюдаемых камерами в темное время суток. На корпусе стереокамеры размещены антенны ГЛОНАСС/GPS.

Внутри стереокамеры размещены:

- 1) видеомодуль:

– две видеокамеры машинного зрения, расположенные на фиксированном расстоянии друг от друга;

– объективы с фокусным кольцом;

2) модуль материнской платы (вычислительный модуль, навигационный модуль ГЛОНАСС/GPS, система точного времени):

– одноплатный компьютер с модулем оперативной памяти объемом 8 Гб и твердотельным накопителем емкостью 512 Гб;

– модуль Wi-Fi;

3) модуль Cross-платы:

– плата Crosser – управление питанием всех модулей регистратора (контроль, распределение, световая индикация), контроль системы охлаждения (вентиляторы, радиаторы) и нагрева (нагреватели камеры и защитного стекла), датчики температуры, давления, влажности;

– LTE-модем.

Программное обеспечение регистратора обеспечивает:

1) автоматическую фиксацию нарушения ПДД (скоростных режимов, нарушений правил парковки, выездов на встречную полосу, движению по автобусным полосам и обочинам и других);

2) возможность раздельного указания индивидуальных порогов скорости для различных полос движения и для ТС категорий «В» и «С»;

3) синхронизацию встроенных часов системы с сервером точного времени и / или с системой спутниковой навигации;

4) визирование и передачу видеопотока на удаленные рабочие места;

5) ведение непрерывной видеозаписи с сохранением в архив и возможностью скачивания видеоролика по заданному промежутку времени;

6) автоматическое сохранение данных о зафиксированных нарушениях во встроенной памяти. Данные о нарушении включают в себя две фотографии нарушителя, распознанный государственный регистрационный знак (ГРЗ), зафиксированную скорость ТС, данные о движении по полосе общественного транспорта, встречной полосе или обочине, направление движения, дату и время

нарушения, значение максимально допустимой скорости на данном участке дороги, название контролируемого участка, географические координаты, серийный номер системы, данные о поверке регистратора;

7) возможность проверки распознанных ГРЗ по различным федеральным и региональным базам данных;

8) сбор статистических данных об интенсивности транспортного потока;

9) создание собственной точки доступа и ее сетевых параметров (имени и пароля (ключа маскирования));

10) ведение журнала событий и действий пользователя системы;

11) возможность самодиагностики, удаленной диагностики и мониторинга телеметрических параметров системы;

12) защиту встроенного программного обеспечения и данных от несанкционированных изменений;

13) защиту данных электронной цифровой подписью согласно требованиям российского законодательства с помощью сертифицированного ключа.

Программное обеспечение регистратора реализовано с применением модульной архитектуры. Для обеспечения измерений реализованы следующие взаимодействующие между собой модули, объединенные в общий конвейер измерений (рис. 2).

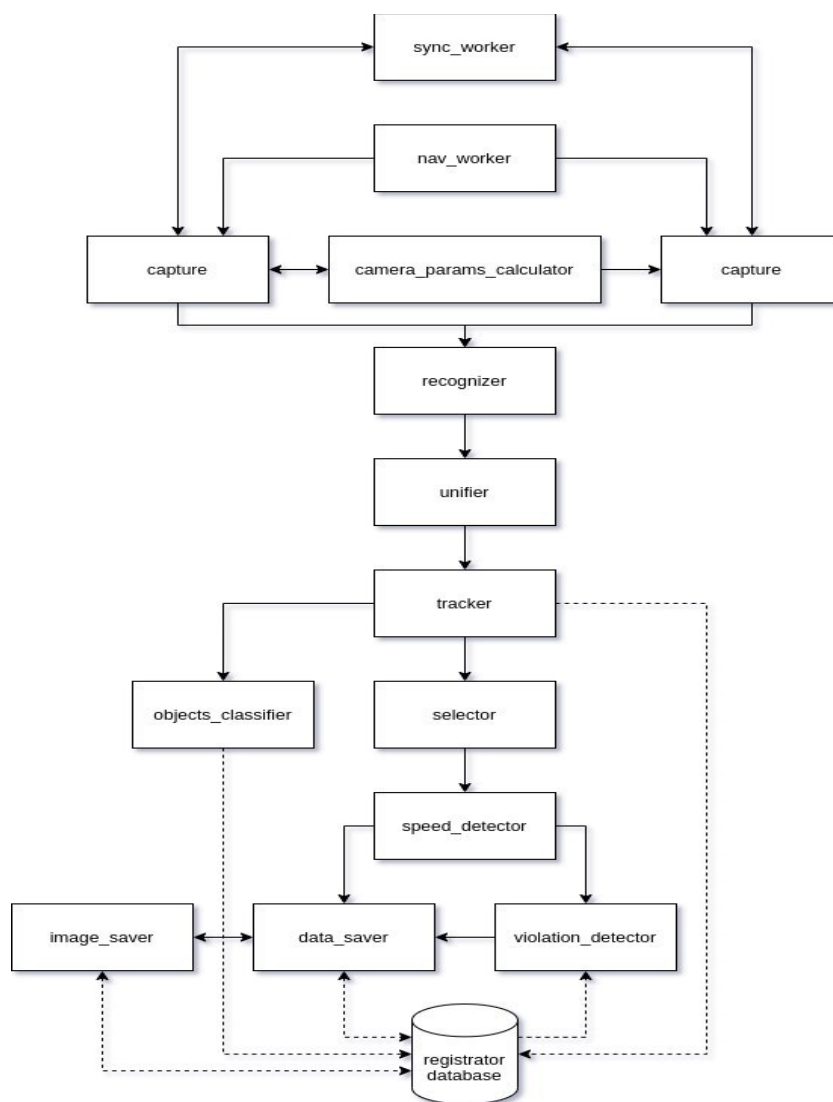


Рис. 2. Схема конвейера измерений

Конвейер измерений:

- sync_worker. Модуль отвечает за синхронную съемку видеокамерами. Программа управляет аппаратным модулем, который формирует импульс синхронизации в момент получения данных с навигационного модуля и посылает сигнал на захват кадра в видеокамеры;
- nav_worker. Модуль отвечает за инициализацию работы навигационного модуля, устанавливает режимы работы прибора;
- camera_params_calculator. Модуль отвечает за подстройку экспозиции видеокамер в зависимости от освещенности. При этом обеспечивается синхронное изменение параметров экспозиции на обеих камерах;

– capture. Модуль отвечает непосредственно за захват изображения с камеры. Работают параллельно два экземпляра модуля, по одному для каждой видеокамеры;

– recognizer. Модуль включает в себя обработку изображения тремя нейросетевыми моделями:

1) детекция местоположения области ТС на кадре;

2) детекция местоположения области ГРЗ на кадре;

3) распознавание символов ГРЗ. Обработка каждого видеоканала осуществляется независимо, параллельно в двух отдельных потоках CPU. Непосредственное выполнение нейросетей происходит на мощностях GPU с использованием CUDA и тензор ядер;

– unifier. Модуль фильтрует и объединяет результаты для левого и правого видеоканалов, полученных из модуля recognizer для одного и того же момента съемки;

– tracker. Модуль обеспечивает выявление серии фиксаций одного и того же ТС на последовательности кадров;

– selector. Модуль выбирает из серии фиксаций одного и того же ТС наиболее подходящие для измерения скорости кадры. В ходе экспериментов были реализованы несколько сценариев:

1) выбор двух ближайших к камере кадров;

2) выбор двух кадров с наибольшим расстоянием между ними и др. В итоговую реализацию пошел вариант 2 дополненный логикой максимального включения ТС в оба кадра, что позволяет фиксировать больше ключевых точек;

– speed_detector. Модуль производит вычисления местоположения зафиксированных ТС и их скоростей;

– data_saver. Модуль отвечает за сохранение результатов измерений в базе данных прибора;

– image_saver. Модуль обеспечивает сохранение изображений, подтверждающих факт фиксации проезда ТС;

– `object_classifier`. Модуль обеспечивает детекцию типа, марки и модели ТС. Задача решается двумя нейросетевыми моделями. Одна классифицирует изображения ТС по 8 категориям (`car` – легковой автомобиль, `truck` – грузовой автомобиль, `truck_trailer` – полуприцеп, `minitruck` – небольшой грузовой автомобиль, `bus` – автобус, `minibus` – микроавтобус, `trailer` – прицеп на легковом автомобиле, `motorhome` – дом на колесах), другая – выявляет марку и модель ТС (проводится классификация изображения по 259 маркам и 2098 моделям ТС). Непосредственное выполнение нейросетей происходит на мощностях GPU с использованием CUDA и тензор ядер;

– `violation_detector`. Модуль обеспечивает выявление нарушений на основании сведений о действующих в месте нахождения ТС ограничений, заданных посредством ГИС. Выявляются следующие типы нарушений:

- выезд на полосу встречного движения;
- превышение установленной скорости движения;
- нарушение правил расположения ТС на проезжей части.

Разработанный пользовательский интерфейс представляет собой web-приложение, что позволило исключить из состава элементов экран с элементами управления. Управление возможно осуществлять с любого вычислительного устройства, обеспеченного соответствующим ПО с применением беспроводных каналов связи.

Web-Интерфейс обеспечивает:

- 1) отображение программных средств ПО;
- 2) управление регистраторами Системы посредством отправления следующих команд управления:
 - визирование видеоизображения с камеры регистратора в режиме реального времени;
 - автоматическое позиционирование регистратора и радара (задание координат);
 - фиксация проездов ТС в зоне контроля (фотографирование);
 - поиск ТС по заданным критериям (ГРЗ, временной промежуток);

- запись видеоизображения в память регистратора или на жесткий диск ПЭВМ;

- изменение параметров видеозаписи (формат, длительность, директория сохранения);

- загрузка фото-, видеоинформации из памяти регистратора в память ПЭВМ на удаленных рабочих местах;

- настройка изображения;

3) масштабирование видеоизображения, разворачивание видеоизображения на весь экран, поворот изображения;

4) добавление/удаление пользователей, назначение ролей пользователям и наделение их правами в соответствии с назначенной ролью;

5) проверку регистраторов Системы по заданным значениям скоростей.

С помощью пользовательского интерфейса осуществляется загрузка областей ограничений в формате GeoJSON для обеспечения работы модуля выявления нарушений ПДД и отображение информации о зафиксированных проездах ТС и выявленных нарушениях. Приложение предоставляет возможность просмотреть список всех зафиксированных прибором проездов ТС и подробную информацию по ним, включающую сведения о наличии фиксаций тех или иных нарушений ПДД. Обеспечивается возможность фильтрации проездов по различным критериям.

Для обеспечения эффективной работы Системы сотрудниками ООО «Автодор» разработаны следующие технологии, примененные в ПАК Улей:

- технология построения облака точек по данным со стереопары;

- технология распознавания участников дорожного движения, типов, марок и моделей транспортных средств средствами компьютерного зрения и машинного обучения;

- технологии определения местоположения участников движения путем измерений расстояния от ПАК до участника движения по данным со стереопары, местоположения и направления движения ПАК.

Прогнозируется, что использование ПАК Улей обеспечит контроль за наиболее опасными нарушениями ПДД за счет внедрения в транспортный поток

передвижных комплексов фиксации нарушений. В этом случае, даже в отсутствии полного покрытия видеокамерами автодорог, обеспечится контроль наиболее опасных правонарушений. В том числе ожидается смена поведенческой модели водителя, побуждая его соблюдать правила дорожного движения на всем пути следования: «Не буду нарушать, ведь любой автомобиль в потоке может это зафиксировать».

Ключевыми преимуществами интеллектуальной транспортной системы с мобильными датчиками «Улей» являются:

- высокоточное позиционирование объектов в кадре, а не самого устройства;
- работа в мобильном режиме (в движении);
- измерение скорости движения автомобилей без излучения (невидим для радар-детекторов);
- фиксация недоступных ранее для контроля типов нарушений ПДД (выезд на встречную полосу, движение по полосе для общественного транспорта или обочине, нарушение правил расположения ТС, опасное вождение) и др.

Обеспечение контроля соблюдения правил дорожного движения недоступных ранее для автоматического контроля позволит привлечь в качестве покупателей Системы не только государственные и муниципальные органы, связанные с регулированием и безопасностью дорожного движения и различные дорожные службы, но и страховые и каршеринговые компании, которые могут использовать информацию, собираемую ПАК Улей с целью характеристики водителя транспортного средства и оценки рисков.

Список литературы

1. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2020 год. Информационно-аналитический обзор. – М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2021. – 79 с.
2. Computer Vision Annotation Tool (CVAT) [Electronic resource]. – Access mode: <https://github.com/openvinotoolkit/cvat> (date of access: 30.11.2022).

3. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks / M. Sandler, A. Howard, M. Zhu [et al]. – 2019.

4. ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF / E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige [et al] // IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2011.

5. Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration / M. Muja, D. G. Lowe // International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP'09). – 2009.

Куломзина Елена Юрьевна – канд. экон. наук, эксперт НО «Союз инновационно-технологических центров России», Россия, Москва.

Чуриков Алексей Юрьевич – канд. техн. наук, эксперт НО «Союз инновационно-технологических центров России», Россия, Москва.
