

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРАВОНАРУШЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ



М.И. Муконина



В.Д. Швалов

В статье обоснована необходимость разработки и реализации интеллектуальной системы, осуществляющей контрольно-надзорную деятельность на объектах транспортной инфраструктуры. Преимущество предлагаемой системы состоит в возможности непрерывного анализа происходящих событий и выводе информации специалистам в режиме реального времени.

Ключевые слова: транспортная система, искусственный интеллект, машинное обучение, система видеонаблюдения

EDN: GYKDMY

Внедрение интеллектуальных цифровых технологий на сегодняшний день является одной из важнейших задач в области обеспечения безопасности на транспорте. Защита общества и государства от внешних и внутренних угроз в транспортной сфере является приоритетным направлением концепции транспортной безопасности. Антитеррористические требования в данной области носят объективный характер, так как обусловлен значительный рост террористических актов в мире, что является непосредственной опасностью для транспортного комплекса. Железнодорожный, автомобильный и водный транспорт продолжают оставаться сферами, наиболее подверженными угрозе террористических актов.

Однако опыт и исследования показывают, что не только террористические акты являются причиной, приводящей к несчастным случаям на транспорте.

В подавляющем большинстве случаев нарушения человеком правил поведения на транспорте приводит к травмированию или гибели людей. В связи с этим необходимо своевременно выявлять и призывать к ответственности нарушителей, тем самым снижая количество транспортных происшествий.

Ввиду большого количества транспортных объектов задача обеспечения круглосуточного качественного контроля является сложно реализуемой с точки зрения отсутствия необходимого количества специалистов, способных вести непрерывное наблюдение. Поэтому необходимость внедрения интеллектуальных цифровых технологий для обеспечения транспортной безопасности актуальна на данный момент.

Проблема внедрения интеллектуальных технологий на различных видах транспорта рассматривается в статье [1], основной целью которой является иссле-

Муконина Мария Ильинична, аспирант кафедры «Вычислительная техника и автоматизированные системы управления» Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС). Область научных интересов: искусственный интеллект, big data, базы данных, разработка приложений на языке Python, информационные системы на транспорте. Автор 10 научных работ, в том числе одного учебника.

Швалов Валерий Дмитриевич, аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС). Область научных интересов: нейронечеткие модели, иммунологические модели, интеллектуальные методы прогнозирования нештатных ситуаций, информационные системы на транспорте. Автор 16 научных работ.

дование тенденций инновационного развития транспортных систем с применением технологий искусственного интеллекта.

Системы искусственного интеллекта получили стремительное развитие в современной цифровой среде. Интеллектуальные программные продукты нашли свое применение во многих сферах жизни общества, в том числе и в транспортной отрасли [2]. В настоящее время искусственный интеллект является постоянно развивающимся направлением и применяется во многих системах и устройствах. В [3] рассмотрены основные технологии развития искусственного интеллекта, одна из которых — компьютерное зрение. Его главная задача — анализ изображений или видео с помощью методов, дающих возможность устройству извлечь информацию из увиденного. Такие системы состоят из видекамеры и программного обеспечения, способного распознавать объекты и работают по ранее запрограммированному алгоритму, тем самым демонстрируют способность самостоятельного мышления [4].

Анализ образа исследуемого объекта на изображении или серии изображений является одним из наиболее популярных методов получения информации об исследуемом объекте [5]. Например, в [6] описана программно-аппаратная система мониторинга и контроля, которая в качестве источника первичной информации о состоянии и поведении объекта использует изображения, полученные в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн.

Целью статьи является рассмотрение ряда вопросов и проблем в области транспортной безопасности, а также разработка интеллектуальной информационной системы для обнаружения и предотвращения нештатных ситуаций при использовании средствами железнодорожного, автомобильного и водного транспорта.

Случаи нарушения правил пользования средствами железнодорожного, автомобильного и водного транспорта

Процесс глобальной информатизации и автоматизации является одним из основных векторов направления развития транспортной отрасли до 2030 года. В связи с этим, вектор развития института административной ответственности за правонарушения на транспорте, в рамках реформирования контрольно-надзорной деятельности, необходимо направить в сторону цифровизации и интеллектуализации систем контроля за правонарушениями, так как ручное отслеживание не всегда выполняется надежно, и противоправные действия часто остаются незамеченными. Например, отслеживание правонарушителя требует, чтобы кто-

то вручную следовал за ним в пределах определенной камеры. Когда он покидает поле зрения одной камеры, необходимо определить соответствующую камеру, также выбранную вручную. Кроме того, оператор должен поставить себя на новую точку зрения, чтобы поддерживать отслеживание. Очевидно, что это сильно ограничивает количество одновременно отслеживаемых лиц, что способствует частым случаям правонарушений при пользовании средствами железнодорожного, автомобильного и водного транспорта.

В июле 2021 года в Ростовской области на станции Азов школьник залез на крышу стоящего грузового вагона и был травмирован контактным проводом напряжением 27,5 киловольт. Школьник получил ожоги 90% тела. Спасти его не удалось. В ходе судебного заседания суд не нашел вины железнодорожников в случившемся, однако отметил, что железная дорога является источником повышенной опасности и возложил на ОАО «РЖД» материальную ответственность за произошедшее.

Еще один случай произошел в сентябре 2021 года в Ростовской области. На станции Зверево под колесами грузового поезда погиб мужчина. Причиной смертельного травмирования стало нарушение правил поведения на железной дороге, а именно — переход железнодорожный путей в неположенном месте.

В декабре 2017 года в Охотском море с судна СРТМ «Иоланта» выпал за борт и утонул боцман. Судно находилось на промысловом рейде. Следственный комитет провел проверку по признакам преступления, предусмотренного частью 2 статьи 143 Уголовного кодекса Российской Федерации (нарушение требований охраны труда, повлекшее по неосторожности смерть человека). Причина случившегося — нарушение требований охраны труда на борту.

В сентябре 2021 года в городе Невинномыске Ставропольского края был допущен наезд на пешехода, который пересекал проезжую часть дороги вне пешеходного перехода с прилегающей территории. В состоянии травматического шока, с контузией головного мозга пешеход доставлен в больницу. За рулем иномарки был местный житель. В момент аварии водитель был трезв, злостным нарушителем ПДД не являлся. Выяснилось, что пешеход был одет в темную одежду без световозвращающих элементов. Водитель не мог его заметить в сумерках.

Все вышеперечисленные случаи относятся к административным правонарушениям, предусмотренными статьей 104 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях. Снижение подобных правонарушений и их своевременное выявление возможно путем применения интеллектуальной информационной системы для обнаружения и предотвращения

нарушений правил пользования средствами железнодорожного, автомобильного и водного транспорта.

Структура и функции интеллектуальной информационной системы видеонаблюдения

Данная система позволит с помощью средств видеофиксации и технологий искусственного интеллекта своевременно выявлять и предотвращать правонарушения на объектах транспортной системы. Автоматизированное круглосуточное наблюдение для обеспечения безопасности участников транспортного движения при соблюдении конфиденциальности станет залогом минимизации рисков для здоровья и жизни людей.

Предлагается подход, предусматривающий использование интеллектуальной камеры, применимый для наблюдения в зонах, чувствительных к конфиденциальности: основная обработка выполняется автоматически и встроена в каждый узел камеры. Цель предлагаемой системы состоит в том, чтобы анализировать реальный мир и отражать всю релевантную информацию в интегрированном виртуальном аналоге круглосуточно в режиме реального времени.

На сегодняшний день системы видеонаблюдения можно классифицировать по следующим критериям:

- ручной или автоматизированный — определяет, выполняется ли анализ видеоматериала оператором-человеком или соответствующая информация уже получена из необработанного видеопотока автоматическим способом;
- централизованный или распределенный — обработка выполняется на централизованной установке сервера или распределена и встроена в сеть интеллектуальных камер [7].

Существует множество архитектур интеллектуальных камер, разработанных в научных кругах и промышленности. Они предназначены для приложений машинного зрения и автоматизации, а также используются в системах видеонаблюдения. Все интеллектуальные камеры объединяет сочетание датчика, встроенного процессора и подключения, которое в настоящее время часто является сетевым устройством. Средства обработки могут быть классифицированы в процессорах цифровых сигналов, процессорах общего назначения.

В секторе видеонаблюдения, появляются IP-камеры, основной целью которых является передача видеопотоков в реальном времени в сеть с помощью автономных камер с беспроводным подключением по *Ethernet* и встроенная обработка, которая обеспечивает получение изображений, сжатие (*mjpeg* или

mpeg4), веб-сервер и стек *TCP/IP* [7]. Дальнейшая обработка обычно ограничивается определяемым пользователем обнаружением движения. Все базовые вычислительные ресурсы скрыты от пользователя. Граница между двумя сторонами становится все более и более размытой по мере того, как интеллектуальные камеры машинного зрения получают подключение *Ethernet*, а с другой стороны *IP*-камеры получают больше вычислительной мощности и доступа пользователей к ресурсам обработки.

Архитектура верхнего уровня данной системы наблюдения и визуализации состоит из трех уровней: уровень сенсорного анализа, уровень виртуального мира и уровень визуализации.

В компоненте «съемка сцены» рассматривается получение трехмерной модели фоновых сцен с помощью мобильной сенсорной платформы. В качестве альтернативы можно использовать двумерный (2D) план местности.

Компонент «анализ сцен» — это распределенная сеть интеллектуальных камер для анализа сцен, в которой в каждом узле камеры одновременно выполняются как отслеживание с географической привязкой, так и распознавание активности. Все узлы камеры передают свои результаты на уровень сервера [8]. Этот подход к интеллектуальной камере обеспечивает оптимальную масштабируемость, т.е. требования к обработке нового узла камеры полностью покрываются встроенными средствами обработки. Требования к пропускной способности и производительности сервера постепенно возрастают с каждым узлом камеры.

Виртуальный мир действует как интерфейс абстракции для отделения клиентов визуализации от анализа сцены на основе камеры. Он реализован на уровне сервера для получения всей информации из сети смарт-камер, сохраняет ее в модели виртуального мира и предоставляет доступ к этой модели клиентам визуализации. Виртуальный мир управляет настройкой и инициализацией всех узлов камеры, собирает результирующие данные отслеживания и распознавания активности и обеспечивает передачу объектов между камерами. Он содержит узел сервера камеры в качестве основного компонента, веб-сервер и узел веб-приложения, узел хранения базы данных, узел статистики и узел сигнализации. Масштабируемость системы также обеспечивается на уровне сервера. Каждый узел может работать на выделенном сервере, однако все узлы уровня сервера могут работать вместе на одном серверном компьютере.

Соответствующие результаты анализа распределенных сцен встроены в реальном времени в одну согласованную трехмерную модель мира с географи-

ческой привязкой. Статическое размещение каждой камеры позволяет использовать фоновую модель для сегментации движущихся объектов. Это устройство предназначено для моделирования фактического фона в режиме реального времени, т.е. объекты переднего плана могут быть извлечены очень надежно. Кроме того, важно, чтобы модель адаптировалась к медленным изменениям внешнего вида, например, освещения фона сцены. Из-за встроенного характера данной системы устройство должно быть очень эффективным в вычислительном отношении, чтобы соответствовать требованиям реального времени. Для обработки сегментации, т.е. преобразования с уровня необработанного пикселя на уровень объекта применяются этапы эрозии и увеличения области.

Подавление тени требуется для повышения надежности приложений поверх отслеживания — для работы распознавания активности. Если объект еще не отслеживается существующим фильтром частиц, создается экземпляр нового фильтра с текущим внешним видом в качестве целевого и назначается этому объекту. Существующий фильтр твердых частиц, который не находит интересующую область достаточно близко в течение определенного промежутка времени, удаляется. Это позволяет отслеживать несколько объектов, где каждый объект представлен отдельным цветовым фильтром частиц. Два фильтра частиц, которым назначена одна и та же область интереса, например, два человека, которые идут рядом друг с другом после встречи, обнаруживаются на последнем этапе, и один из них удаляется, если объект не разделяется снова через определенное время.

Выборка максимального правдоподобия, представляющая наиболее вероятное положение и масштаб в координатах камеры, дополнительно обрабатывается в 2D-формате. В качестве альтернативы можно использовать среднее значение. Однако в случае мультимодальных распределений, с которыми могут работать фильтры твердых частиц, данный способ приведет к худшей оценке. Это устройство преобразует область изображения в общую и привязанную к географической привязке трехмерную мировую систему координат, используя предположение о плоском полу и данные калибровки камеры. Подводя итог, можно сказать, что каждый узел интеллектуальной камеры предоставляет свои результаты в мировых координатах с географической привязкой с учетом происхождения локальной модели, например, плана местности, местоположение которой известно по GPS. Пример работы вышеописанной системы представлен на рисунке.

Для достижения бесшовного межкамерного отслеживания, отделенного от каждого соответствующего узла датчика, блок передачи объединяет объ-

екты, отслеживаемые разными узлами камеры, если они находятся в пространственной близости. Чтобы уменьшить несоответствия во время передачи из-за пространственных неоднозначностей, также учитывается внешний вид объекта.

Для того, чтобы система могла идентифицировать человека, намеревающегося совершить правонарушение и предупредить об опасности и противоправности его действий, необходимо использовать технологии искусственного интеллекта. Так, при появлении человека на путях, где осуществляется движение поездов, или при попытке перехода дороги на красный сигнал светофора, система должна распознать человека и сигнализировать об опасности с помощью подачи звукового сигнала. Интеллектуальная система также направлена на предотвращение несанкционированного проникновения на подвижной состав и средства водного транспорта, а также информирование сотрудников надзорного ведомства о совершении правонарушения.

Разработка информационной системы для обнаружения и предотвращения нарушений правил пользования средствами железнодорожного, автомобильного и водного транспорта позволит на основе собранных статических данных решить задачу регрессии и принять меры по дополнительной защите объектов транспорта.

Для повышения эффективности работы системы обработка данных информационной системы будет производиться на основе технологий искусственного интеллекта с применением нейронных сетей.

Таким образом, разработка интеллектуальной информационной системы для обнаружения и предотвращения нарушений правил пользования средствами железнодорожного, автомобильного и водного транспорта позволит с помощью средств видеофиксации и технологий искусственного интеллекта идентифицировать человека, нарушающего правила пользования объектами транспортной системы, с помощью систем оповещения сделать ему предупреждение о неправомерности его действий, а также составить статистику, позволяющую заранее спрогнозировать опасные участки транспортной инфраструктуры и предотвратить правонарушения. 🚦

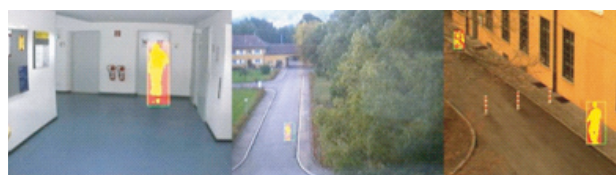


Рисунок. Примеры отслеживания smart-камер

Литература

1. Чеченова, Л.М. «Интеллектуальные» перспективы железной дороги / Л.М. Чеченова. — Текст: непосредственный // Тренды экономического развития транспортного комплекса России: форсайт, прогнозы и стратегии, МОСКВА, 21 апреля 2021 года / Институт экономики и финансов Российского университета транспорта (МИИТ). — Москва: ООО «Научно-издательский центр Инфра-М», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта», 2021. — С. 317–320.
2. Москат, Н.А. Место систем искусственного интеллекта в современной транспортной отрасли / Н.А. Москат, Н.Р. Осипова. — Текст: непосредственный // Сборник научных трудов «Транспорт: наука, образование, производство»: Труды Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 20–22 апреля 2021 года. — Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2021. — С. 150–153.
3. Лященко, З.В. Технологии развития искусственного интеллекта / З.В. Лященко, В.Р. Хусаинов. — Текст: непосредственный // Цифровые инфокоммуникационные технологии: сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 07 сентября 2021 года. — Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2021. — С. 68–71.
4. Лященко, А.М. Проблемы и перспективы применения искусственного интеллекта на железнодорожном транспорте / А.М. Лященко, Д.В. Швалов. — Текст: непосредственный // Современное развитие науки и техники: сборник научных трудов Всероссийской национальной научно-практической конференции Наука-2020; РГУПС. — Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2022. — С. 194–197.
5. Локтев, Д.А. Моделирование функции размытия образов на изображениях, используемых в системах мониторинга транспортных объектов / Д.А. Локтев, В.А. Кочнев, А.А. Локтев // Наука и техника транспорта. — 2020. — №3. — С. 83–90.
6. Локтев, Д.А. Возможность распознавания лиц в инфракрасном диапазоне / Д.А. Локтев, В.А. Кочнев, А.А. Локтев // Наука и техника транспорта. — 2019. — №2. — С. 77–83.
7. Carey, S. Low power high-performance smart camera system based on SCAMP vision sensor / S. Carey, D. Barr, P. Dudek. — Journal of Systems Architecture Volume 59, Issue 10, Part A, November 2013, Pages 889–899. — Текст: непосредственный.
8. Шалев—Шварц, Ш. Идеи машинного обучения: от теории к алгоритмам: учебное пособие / Ш. Шалев—Шварц, Ш. Бен-Давид; пер. с англ. А.А. Слинкина. — Москва: ДМК Пресс, 2019. — 436 с. — Текст: непосредственный.
9. Шумский, С.А. Машинный интеллект. Очерки по теории машинного обучения и искусственного интеллекта / С.А. Шумский. — Москва: РИОР, 2019. — 340 с. — DOI: <https://doi.org/10.29039/02011-1>. — ISBN 978-5-369-02011-1. — Текст: непосредственный.