

### 3 ИНФОРМАЦИОННАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СВЯЗИ

---

УДК 004.67

#### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОТВЛЕЧЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ

*Е. А. АЛУЕВ*

*Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь*

Системы распознавания лиц используют алгоритмы, которые анализируют изображения лиц и сравнивают их с базами данных. Обычно процесс включает несколько этапов: обнаружение лица, извлечение его характеристик и сопоставление с известными изображениями. Для достижения высокой точности используются методы машинного обучения.

В предыдущей работе [1] по разработке системы детектирования отвлечения водителя от управления транспортным средством (ТС) была достигнута возможность уверенного распознавания закрытия глаз и зевания, которое трактовалось как наличие усталости с соответствующей потерей концентрации на дорожной обстановке. Однако за последнее время возможности нейронных сетей по детектированию и распознаванию изображений существенно улучшились. Например, EfficientDet, YoloV4, IterDet и другие детекторы обходят метод Хаара, примененный в OpenCV, как по скорости работы, так и по качеству распознавания.

В качестве одного из вариантов развития системы была рассмотрена работа [2], в которой предлагалось выявлять водителей, использующих мобильные телефоны во время вождения, что часто приводит к авариям, с помощью сверточной нейронной сети (CNN). Для выявления отвлекающихся водителей, использующих мобильные телефоны во время вождения, авторы записывали видео с изображением водителя на камеру GoPro, где каждая секунда видеозаписи делится на 24 кадра. Затем к этим изображениям применялся алгоритм глубокого обучения для определения отвлекающегося или неотвлекающегося водителя.

Для усовершенствования системы и расширения ее функций был использован аппаратный модуль Raspberry Pi 4 [3], обладающий гораздо большим быстродействием и памятью. Это позволило запустить Mediarpipe, разработанный корпорацией Google. Идея данного фреймворка в рассмотрении процесса работы с данными как граф, вершины которого – это модули обработки данных [4]. Фреймворк реализует графическое преобразование видео, позволяет комбинировать ML-е компоненты с механической обработкой и на выходе получать кроссплатформенное решение для мобильных и десктопных устройств.

Для данной разработки по определению действий водителя во время движения, а именно отвлечения от управления ТС, использовались возможности Mediarpipe, которые позволяют решать необходимые для проекта задачи: распознавать лица и делать Face Mesh, определять зрачки и контуры глаза, находить руки и определять наличие предметов в руках, идентифицировать движения объекта.

Mediarpipe состоит из трех основных структурных компонентов: калькуляторов (вершин графа), входных/выходных пакетов и графов вычислений.

Калькулятор – это вершина графа, код, выполняющий трансформацию над входными данными и отдающий выходные. Для создания калькулятора понадобилось реализовать четыре метода:

- GetContract() – проверка входящих и выходящих данных на соответствие заранее заданным;
- Open() – инициализация калькулятора при запуске;
- Process() – запуск вычисления ноды, используя понятие контекста – сущности, в которой записаны текущие переменные в текущем моменте запуска пайплайна;
- Close() – освобождение ресурсов калькулятора.

Граф представляет собой совокупность входных данных и вершин (калькуляторов), реализующую какой-то пайплайн вычисления. Граф определяется в формате TensorFlow Graph Text.

Для решения задачи детектирования объектов на входном изображении ML-моделью нужно:

- получить входную картинку и преобразовать её размеры в 640×640;

- превратить сжатую картинку в тензор;
- прогнать этот тензор через модель и получить сырые предсказания;
- сырые предсказания конвертировать в понятный для MediaPipe тип Detections;
- получить этот тип на выходе графа.

При тренировке модели были использованы датасеты изображений водителей, собранные при тестировании предыдущей системы анализа действий водителей [1]. Дополнительно были использованы изображения водителей, держащих в руке мобильный телефон или управляющих (прикасающихся к поверхности) устройством, закрепленным на панели ТС. Это позволило выявлять такие события, как использование мобильного телефона или навигатора во время управления ТС.

Также в работе были учтены вопросы, выявленные в [5], что позволило всесторонне обсудить ограничения системы на этапе создания прототипа.

Одной из основных проблем, с которыми пришлось столкнуться при разработке системы, являлось качество изображения. В условиях плохого освещения или под неправильным углом алгоритм может ошибочно идентифицировать события, на которые он обучен. Например, при недостаточной освещенности системы могут не различать детали лиц, что ведет к повышению уровня ложных срабатываний.

Второй существенной проблемой являлась вибрация, а именно вертикальные перемещения водителя на пневматическом сидении при движении по неровностям. Это создавало нечеткие изображения водителя, что снижало качество распознавания.

На финальной стадии апробации системы были достигнуты высокие результаты распознавания действий водителя, классифицируемые как отвлечение от управления ТС. Незначительные отклонения от правильного распознавания изображений лица и рук водителя связаны с постоянно изменяющейся освещенностью лица, особенно в ночное время суток, когда свет фар встречных ТС резко изменяет освещенность кабины грузовика. Также были выявлены некоторые неточности распознавания наличия предметов в руках водителя.

Практическое применение методики в разработанной системе показало, что у разработанной системы есть потенциал расширения функций в части детектирования большего числа событий, связанных с отвлечением внимания от вождения ТС, например прием пищи и разговор по рации. Реализация этих функций позволит существенно увеличить вероятность соблюдения водителем ПДД во время движения.

#### Список литературы

- 1 Алуев, Е. А. Применение каскада Хаара для детектирования отвлечения водителя от управления транспортным средством / Е. А. Алуев // Международная конференция – выставка «Электронные услуги и информационные системы для транспорта и логистики» – (IT2TLT-2017) : материалы Междунар. конф., Минск, 12 окт. 2017 г. / Ассоциация «Инфопарк». – Минск, 2017.
- 2 Texting & Driving. Detection Using Deep Convolutional Neural Networks / J. Celaya-Padilla, C. Galván Tejada, J. Lozano-Aguilar [et al.] // Applied Sciences. – 2019. – № 9 (15). – 2962. – DOI: 10.3390/app9152962.
- 3 Raspberry Pi hardware. – URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html> (date of access: 10.09.2025).
- 4 MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines / C. Lugaresi, J. Tang, H. Nash [et al.]. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.08172> (date of access: 10.09.2025).
- 5 Оди́нец, Д. Н. Методика анализа больших массивов данных для оценки качества работы водителя и технического состояния автомобиля / Д. Н. Оди́нец, Е. А. Алуев // BIG DATA и анализ высокого уровня : материалы X Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 13 марта 2024 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 194–200.

УДК 656.259.12

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

*К. А. БОЧКОВ, Д. Д. МЕДВЕДЕВ, И. О. ЖИГАЛИН*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современной системе железнодорожной автоматики и телемеханики тональные рельсовые цепи (ТРЦ) получили наибольшее распространение в качестве основного средства для контроля со-