УДК 004.89

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДЕЙСТВИЙ ВОДИТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ADAS

Фахриев Т.Р.

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

г. Казань, Российская Федерация

Разработка систем мониторинга состояния водителя (DMS), а также модулей предиктивной оценки маневров, требует непрерывного отслеживания биомеханики человека за рулем. Использование специализированного оборудования (инфракрасных камер, TOF-сенсоров) ведет к удорожанию конечного продукта [1]; кроме того, возникают сложности с интеграцией подобных решений в автомобили бюджетных классов. В связи с этим в современных исследованиях акцент смещен на программные методы. Они дают возможность определять направление взгляда и пространственную ориентацию головы водителя на основе потока со стандартных RGB-камер (например, с разрешением 1280x720 или 1920x1080 пикселей). В статье рассматривается процесс проектирования и программной реализации соответствующего измерительного тракта средствами языка Python.

Для обеспечения стабильной производительности (на уровне 25–30 кадров в секунду) на центральном процессоре (CPU) бортового компьютера, алгоритм был декомпозирован на несколько последовательных шагов.

Сначала выполняется предварительная обработка визуальных данных. Захват видео осуществляется средствами библиотеки OpenCV [2] с помощью метода cv2.VideoCapture. Полученные кадры конвертируются из аппаратного формата BGR в RGB; это обязательное условие для корректной работы большинства современных нейросетевых детекторов. Одновременно с этим изображение масштабируется для снижения нагрузки на вычислительный узел.

Далее производится локализация антропометрических маркеров лица. В качестве основного инструмента выбран алгоритм MediaPipe Face Mesh [3], который отличается от тяжелых CNN-архитектур адаптацией под вычисления в реальном времени. Хотя данный фреймворк способен строить 3D-сетку из 468 узлов, в нашем программном решении из объекта mp.solutions.face_mesh извлекаются пиксельные координаты только шести базовых маркеров (кончик носа, крайние точки губ, уголки глаз и подбородок).

На следующем шаге осуществляется расчет пространственного положения головы. Найденные 2D-координаты передаются в математический модуль для решения задачи Perspective-n-Point (PnP) [4]. Вызов функции cv2.solvePnP() позволяет сопоставить полученные точки с усредненной трехмерной моделью черепа; результатом вычислений становится вектор вращения. После применения преобразования Родригеса (через метод cv2.Rodrigues) вычисляется матрица поворота. Декомпозиция этой матрицы методами линейной алгебры (пакет NumPy) дает искомые углы Эйлера: Yaw (рыскание по оси Z), Pitch (тангаж) и Roll (крен).

Условия реальной эксплуатации автомобиля (постоянные вибрации кузова, резкая смена освещенности) неизбежно вызывают появление высокочастотного шума в локализации координат лица. Возникающий джиттер-эффект проявляется в виде паразитных микроколебаний расчетных углов. Трансляция таких необработанных данных в блок классификации намерений приведет к ложным срабатываниям и падению точности системы.

С целью подавления помех программный тракт был расширен модулем цифровой фильтрации (реализован с применением библиотек SciPy и Pandas). Обработка значений углов производится с помощью каскада, включающего медианный фильтр и экспоненциально-взвешенное скользящее среднее (EMA). Выбранные параметры сглаживания позволяют эффективно устранить резкие выбросы, сохраняя при этом приемлемое время реакции (latency) на действительные перемещения головы — например, при взгляде в боковое зеркало.

Интеграция методов OpenCV, MediaPipe и алгоритмов фильтрации позволила создать рабочий программный инструмент для оценки параметров водителя. Рассмотренный алгоритм генерирует дескрипторы положения головы с достаточной точностью без использования дорогих сенсоров. Сформированный на выходе очищенный временной ряд представляет собой массив признаков, который в дальнейшем будет использован как обучающая выборка для ML-моделей классификации маневров транспортного средства.

Список использованной литературы

1. Ишков А.С. *Электронные системы мониторинга действий водителя автомобиля* / А.С. Ишков, Н.А. Борисов, Д.В. Земляков // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 5. – С. 81–89.
2. Bradski G. *The OpenCV Library* / G. Bradski // Dr. Dobb's Journal of Software Tools. – 2000. – Т. 25, № 11. – С. 120–123.
3. Kartynnik Y. *Real-time Facial Surface Geometry from Monocular Video on Mobile GPUs* / Y. Kartynnik, A. Ablavatski, I. Grishchenko, M. Grundmann // CVPR Workshop on Computer Vision for Augmented and Virtual Reality. – 2019. – С. 1–9.
4. Lepetit V. *EPnP: An Accurate O(n) Solution to the PnP Problem* / V. Lepetit, F. Moreno-Noguer, P. Fua // International Journal of Computer Vision. – 2009. – Т. 81, № 2. – С. 155–166.