

УДК 656.13

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДТП

В.А. Лежнева, студент гр. ТТП-251, I курс
Научный руководитель: Е.И. Лежнева, к.т.н., доцент
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород

В современной парадигме обеспечения техносферной безопасности на транспорте центральное место занимает проблема минимизации рисков, обусловленных антропогенным фактором. Статистические данные свидетельствуют, что подавляющее большинство дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и инцидентов при эксплуатации специальной техники детерминировано снижением функциональных возможностей водителя. Особую остроту данный вопрос приобретает в сегменте управления транспортными средствами специального назначения, где деятельность протекает в условиях повышенной психоэмоциональной напряженности, ненормированного рабочего цикла и воздействия экстремальных внешних факторов.

Традиционные методы предрейсового медицинского осмотра, являясь дискретными по своей природе, не позволяют верифицировать динамические изменения психофизиологического статуса водителя непосредственно в процессе выполнения профессиональной задачи [1]. Латентные патологические состояния, такие как хроническая гипоксия, вызванная анемическими синдромами, или кумулятивная усталость, приводят к деградации когнитивного ресурса, замедлению сенсомоторных реакций и сужению объема внимания. В условиях управления сложными техническими системами, а именно: машины скорой помощи и пожарная техника, подобные функциональные сдвиги становятся критическими, создавая предпосылки для возникновения чрезвычайных ситуаций.

Интеграция интеллектуальных технологий в контур управления транспортным средством открывает новые возможности для создания систем активной безопасности. Современные достижения в области нейросетевого анализа, компьютерного зрения и бесконтактной сенсорики позволяют осуществлять непрерывный мониторинг биометрических параметров водителя в режиме реального времени. Переход от пассивных систем защиты к предиктивным интеллектуальным комплексам, способным идентифицировать ранние маркеры психофизиологической декомпенсации, является приоритетным вектором развития транспортной науки.

В области интеллектуальных систем мониторинга психофизиологического состояния водителей специального транспорта для предотвращения

дорожно-транспортных происшествий уже проведен ряд значимых исследований и разработок [2]. Эти работы охватывают различные методы анализа физиологических и поведенческих параметров, применение нейросетевых технологий, а также создание комплексных систем с элементами самообучения и интеграции с бортовыми системами:

1) анализ физиологических показателей: исследования фокусировались на оценке таких параметров, как электроэнцефалограмма, вариабельность сердечного ритма, артериальное давление, проводимость кожи, электромиография, тепловизионные изображения лица, пупиллометрия и оксигенация крови. Например, система «Вигитон», разработанная российской компанией «Нейроком», использует электродермальную активность для контроля уровня бодрствования водителя. Носимые датчики (браслет и перстень) фиксируют импульсы кожно-гальванической реакции. При снижении уровня бодрствования до критического система выдаёт предупреждение и может активировать исполнительные устройства безопасности;

2) комплексные системы мониторинга:

– система «Штурман» представляет собой автоматизированный мониторинг функционального состояния водителей, пилотов, машинистов и операторов. Она использует микрокомпьютер в форме носимого датчика, который фиксируется на ушной раковине. Система анализирует изменения оксигенации крови и параметры пульсовой волны, выявляя риски потери внимания из-за засыпания или стрессовых состояний. «Штурман» построена на принципах самообучения, адаптируется под каждого пользователя, накапливает данные о функциональном состоянии и информирует диспетчера при обнаружении опасных состояний;

– система СКМСВ (комплексный мониторинг состояния водителя) разработана в рамках программы Союзного государства. Она дифференцирует состояния водителя (релаксация, активное бодрствование, стресс) с вероятностью опасной ошибки не более 10^{-3} , контролирует пульс и выявляет опасные аритмии, определяет индекс напряжения по Баевскому (усталость) с достоверностью 0,98, а также распознаёт неадекватные действия водителя;

3) нормативно-правовые и практические инициативы: в России в 2020 году Минтранс проводил пилотный проект по применению систем мониторинга психофизиологического состояния водителей. Эксперимент охватил несколько регионов, в нём участвовали технологические компании («Яндекс.Такси», «Нейроком» и другие). Результаты подтвердили эффективность технологий, что стало основанием для разработки национального стандарта и корректировки нормативной базы.

В некоторых странах уже действуют требования к психофизиологическому тестированию профессиональных водителей. Например, в Германии более 50 лет применяется система медико-психологического оценивания пригодности к управлению транспортом для водителей, нарушавших правила дорожного движения или севших за руль в состоянии алкогольного опьянения. В

Болгарии обязательное психофизиологическое тестирование предусмотрено для учеников автошкол, водителей определённых категорий, таксистов и других.

Одной из центральных задач является преодоление проблемы высокой вариативности биосигналов у различных классов водителей [3]. Специфика эксплуатации специального транспорта (вибрации, резкая смена освещенности, ограниченность пространства) требует разработки механизмов повышения робастности системы:

- проблема освещенности: можно решать путем применения алгоритмов коррекции на базе глубоких сверточных сетей с предварительной фильтрацией изображения, что может обеспечить стабильную детекцию зрачка и век в условиях ночного вождения и при прямой засветке фарами встречного транспорта;

- проблема шумов: артефакты движения, искажающие фотоплетизмографические сигналы, можно минимизировать с помощью алгоритма адаптивной фильтрации на основе данных с трехосевого акселерометра, что позволит сохранить достоверность оценки частота сердечных сокращений даже при движении по пересеченной местности.

Анализ результатов внедрения прототипа показал, что критическим аспектом является способ информирования оператора [4]. Установили, что использование тактильной обратной связи (вибрация кресла/руля) в сочетании с мягким аудиовизуальным сигналом вызывает на 25 % меньше раздражения у операторов по сравнению с резкими звуковыми сигналами. Решение проблемы «когнитивной перегрузки» оператора можно достичь через иерархическую систему предупреждений: от превентивных рекомендаций по отдыху до экстренных сигналов при фиксации микросна.

Рассмотренная интеллектуальная система мониторинга позволяет решать ключевые противоречия существующих аналогов: высокую чувствительность к шумам, зависимость от условий освещения и субъективную непереносимость жестких алгоритмов контроля. Полученные данные подтверждают эффективность конвергенции методов компьютерного зрения и цифровой обработки биосигналов для создания надежного контура безопасности при эксплуатации специального транспорта.

Список литературы:

1. Лежнева В.А. Исследование влияния эргономических характеристик автомобиля на функциональное состояние водителя / Лежнева В.А., Е. И. Лежнева // Наукоемкие технологии и инновации (XXVI научные чтения). – Белгород, 2025. – С. 589 – 593.
2. Обзор систем автомобильного мониторинга состояния водителей транспортных средств / В. В. Епишев, В. Л. Кодкин, А. С. Габаева, Н. Е. Клещенко // Наука ЮУрГУ: Материалы 67-й научной конференции, Челябинск, 14–17 апреля 2015 года. – Челябинск: Южно-Уральский

государственный университет (национальный исследовательский университет), 2015. – С. 1582-1587.

3. Андреева, С.О. Обеспечение безопасности транспортных средств / С.О. Андреева, Д.В. Петрова, А.С. Семькина // В сборнике: Образование. Наука. Производство. Сборник докладов XVI Международного молодежного форума. Белгород, 2024. С. 3-7.

4. Ильичев, В. Ю. Создание системы для измерения и оценки психофизиологического состояния водителя на основе аппаратных и программных средств Arduino / В. Ю. Ильичев, Д. С. Каширин // Системный администратор. – 2022. – № 12(241). – С. 93-95.