

УДК: 519.2, 612.087, 621.319.7

Ложников П.С., Сулавко А.Е., Толкачева Е.В., Жумажанова С.С. (г. Омск)

Распознавание водителей и оценка их функциональных состояний по обычному и тепловому изображениям лица¹

Более половины всех дорожно-транспортных происшествий происходят по причине переутомления водителей, об этом сообщили участники IV конференции «Оснащение транспортных средств аппаратурой ГЛОНАСС и тахографами в соответствии с требованиями законодательства РФ». Другой проблемой является нахождение водителя в состоянии опьянения. Необходимым условием для создания эффективной системы «человек-автомобиль» является комплексный подход к мониторингу действий водителей, который включает в себя автоматическое определение опасного с точки зрения безопасности поведения и ряд защитных мер, которые необходимо выполнить в случае выявления данного состояния. Работы по этому направлению находятся в зачаточном состоянии, несмотря на значительные людские и экономические потери, которые несет страна. Некоторый оптимизм появился после утверждения Постановлением Правительства РФ № 864 от 3 октября 2013 г. федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах».

Обозначены три ступени контроля водителей:

1. Определение лиц, непригодных для вождения транспортных средств.
2. Предрейсовый контроль.
3. Контроль состояния водителя в процессе управления транспортным средством с помощью автоматических средств.

Реализации защитных мер, соответствующих третьей ступени, посвящена настоящая работа. Предлагается использовать температурные параметры лица водителя для верификации его личности и распознавания функционального состояния (психофизиологического) в процессе вождения.

Сердечно-сосудистая система является одним из основных маркеров для оценки текущего психофизиологического состояния или изменения данного состояния. Для изучения изменения колебательных процессов, происходящих в сердечно-сосудистой системе, используются различные методы: электрокардиография (ЭКГ), реовазография (РВГ), лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ). К перспективному подходу, с точки зрения его неинвазивной природы, возможности скрытого и дистанционного мониторинга состояния субъекта, многие исследователи относят анализ тепловых изображений (термограмм) лица, рук, области шеи и т.д.

Натурные эксперименты с участием людей проводились в комнате, среднесуточная температура в указанном помещении не превышала 22°C. Испытуемый размещался на специальном кресле, расположенной перед тепловизионной камерой на расстоянии 0,7 м, на фоне стены. Съемка лица на

¹ Работа выполнена по заданию и поддержке Министерства образования науки РФ проект № 541 на 2016 год

тепловизор длилась несколько минут. Полученная в результате запись разбивалась на кадры. Прежде всего, выделялась область лица на тепловом изображении. Для определения областей, которые относятся к участкам кожи лица и шеи испытуемого, был выбран температурный диапазон, соответствующий средним показателям температуры поверхности кожи человека. При выполнении этой операции цветное изображение переводилось в бинарное. В качестве признаков использовались характеристики теплового изображения лица, предложенные в работе [1]: коэффициенты корреляции между отдельными его частями, расположенными с левой и правой стороны (лицо разбивается на 6 участков), а также цветовые составляющие пикселей этих областей в соответствии с моделью RGB.

Общее количество испытуемых составило 60. Параметры лица регистрировались в тепловом и видимом диапазонах излучений, когда испытуемые выполняли задания на специальном тренажере водителя, находясь в нормальном (адекватном) психофизиологическом состоянии, а также состоянии сна (после употребления снотворного) и легкого алкогольного опьянения (концентрация алкоголя в крови от 0,5‰ до 1‰). Были созданы эталоны каждого ПФС каждого субъекта (вычислены параметры функций плотности вероятности признаков).

В соответствии со стандартом ГОСТ Р 52633.0-2011 для целей аутентификации рекомендуется использовать преобразователь биометрия-код на основе сети персептронов, обучаемых по детерминированному (не итерационному) абсолютно устойчивому алгоритму, предложенному в данном стандарте. Однако, обогащение данных персептронами не является оптимальным [2]. Помимо сетей персептронов возможно построение сетей нейронов на основе других функционалов. Целесообразность использования тех или иных функционалов определяется особенностью пространства признаков (в частности их взаимной коррелированностью [3]). На практике находят применение сети Пирсона-Хемминга [3], Евклида-Хемминга [4], Хи-модуль-сети [3], Байеса-Пирсона-Хемминга [3-4] и другие. В настоящей работе решено апробировать сеть нейронов на основе метрики Пирсона (1) [3] и Хи-модуль (2) [3], которые показали хорошие результаты, т.к. используемые признаки лица имеют низкую взаимную корреляционную зависимость (более 90% признаков имеют коэффициент парной корреляции менее 0,3 по модулю).

При распознавании ПФС удобнее использовать стратегию Байеса [1] (отпадает необходимость выставлять какие-либо параметры для алгоритма принятия решений). Данный метод показывает неплохие результаты для признаков с высокой и низкой взаимной корреляционной зависимостью.

Проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого биометрические данные лица 60 субъектов, полученные в нормальном состоянии, подавались на вход сетям Пирсона-Хемминга и Хи-модуль-Хемминга. Верификация испытуемого осуществлялась по вектору значений признаков, получаемому из 1 кадра записи, на которой удавалось локализовать лицо. Для обучения сети использовалось по 21 кадру (вектору значений признаков), по аналогии с требованием стандарта ГОСТ Р 52633.5-2011 по обучению сетей персептронов. В процессе вычислительного эксперимента изменялись параметры сетей: количество нейронов и количество входов нейронов. Далее для каждого случая подсчитывалось количество ошибок 1-ого и 2-ого рода. Вероятности данных ошибок (FRR и FAR) вычислялись как отношение числа ошибок определенного рода к числу соответствующих опытов. Результаты представлены на рисунке 1. Наилучший результат: FRR=0,114 и FAR=0,107, полученн сетью Пирсона-Хемминга с 200 нейронами с

количеством входов нейронов 4.

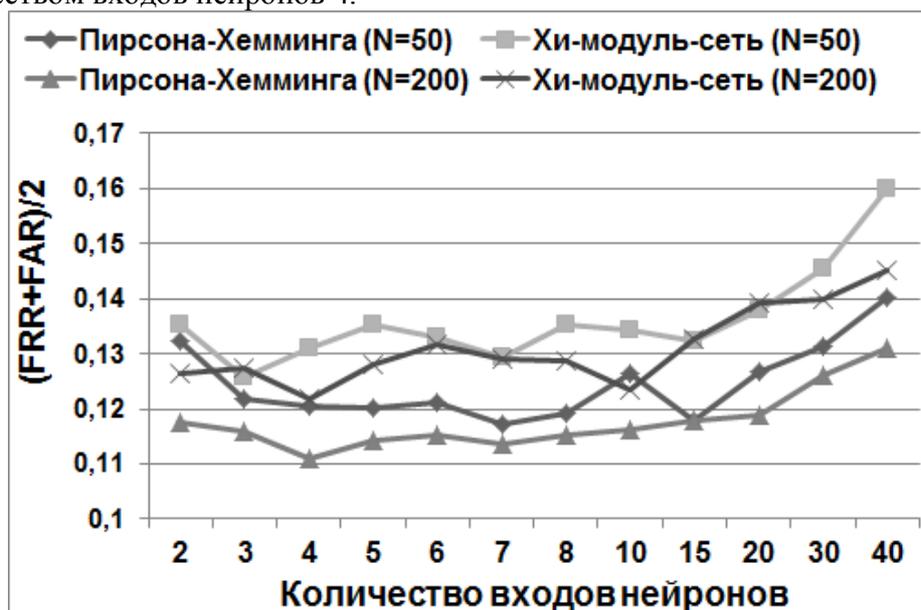


Рис.1. Вероятности ошибок верификации водителей в реальном времени по тепловым параметрам лица на основе различных сетей из разного количества искусственных нейронов на базе различных функционалов

Также проведен вычислительный эксперимент по идентификации образов ПФС для каждого субъекта в отдельности. Определен процент ошибочных решений, который составил от 0,2% до 2,8%.

Таким образом, тепловые параметры лиц наилучшим образом подходят для распознавания состояний субъектов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Епифанцев Б.Н. Скрытая идентификация психофизиологического состояния человека-оператора в процессе профессиональной деятельности: монография / Б.Н. Епифанцев. - Омск: Изд-во СибАДИ, 2013. – 198 с.
2. Иванов А.И. Многомерная нейросетевая обработка биометрических данных с программным воспроизведением эффектов квантовой суперпозиции. Монография. Пенза – «ПНИЭИ», 2016 г.– 133 с.
3. Иванов А.И., Ложников П.С., Качайкин Е.И., Сулавко А.Е. Биометрическая идентификация рукописных образов с использованием корреляционного аналога правила Байеса // Вопросы защиты информации / ФГУП «ВИМИ». - Москва: 2015, №3, С. 48-54.
4. Ложников П.С., Сулавко А.Е., Еременко А.В., Волков Д.А. Экспериментальная оценка надежности верификации подписи сетями квадратичных форм, нечеткими экстракторами и персептронами // Информационно-управляющие системы / ГУАП, Санкт-Петербург, 2016, №5, С. 73-85.

Статья поступила 03.12.2016, опубликована 17.12.2016
по положительной рецензии д.т.н. Иванова А.И.