

Система определения уровня стресса человека с камеры видеонаблюдения таможенного контроля

А. О. Комаров

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

E-mail: godor1333@mail.ru

Аннотация. Информационные технологии с применением искусственного интеллекта, в том числе в системах компьютерного зрения, широко используются во всех сферах контроля: от детектирования бракованных деталей до определения злокачественных опухолей по МРТ-снимкам. В статье представлен проект «Определение уровня стресса человека с камеры видеонаблюдения таможенного контроля».

Ключевые слова: определение уровня стресса, система технического зрения, компьютерное зрение, временные ряды

I. ВВЕДЕНИЕ

В условиях всемирной цифровизации важным шагом в работе таможенной службы является автоматизация его процессов. На пограничном контроле присутствует «процедура идентификации». Специалист может усомниться в документах проверяемой личности и начать задавать вопросы, связанные с определением подлинности документов. При этом человек, который подвергается проверке, испытывает стресс, может запаниковать и отвечать неправильно. Во время данной процедуры сотруднику таможни важно точно определить состояние человека и принять верное решение.

Система должна отвечать современному тренду на технологичность, поэтому в качестве решения была выбрана система на основе компьютерного зрения. Компьютерное зрение позволяет находить информацию на изображениях и видео, а так же, что актуально в современном мире избавиться от лишних технических решений. В работах А.Я. Аноприенко [1], К.М. Болдырева [2] рассматриваются современные подходы к распознаванию лиц и актуальность задачи в современном мире. В работе С.А. Полевой так же рассматривается важность дистанционного мониторинга когнитивных функций и стресса в условиях естественной деятельности [3]. Работы О.Л. Исаева развивают тему определения биологических параметров человека с помощью параметров глаза [4].

В то же время таможенный инспектор, являясь государственным служащим, знающим законодательство, должен быть физически и психически здоровым, обладать высоким уровнем концентрации и

устойчивости внимания, владеть коммуникативными навыками, умением быстро принимать решения, обладать вербальными способностями, уметь анализировать большое количество информации, быть порядочным, дисциплинированным и эмоционально устойчивым человеком [5].

Для определения уровня стресса человека с камеры видеонаблюдения таможенного контроля нами разработана система, не требующая дополнительных приборов, кроме видеокamеры, и работающая только с параметрами глаз человека.

Задачи проекта:

Разработать алгоритм определения заранее известных параметров человеческих глаз с видеопотока и преобразовать их во временной ряд.

Детектировать стресс, используя набор данных UBFC-PHYS-2 [6] и полносвязные нейронные сети.

Использовать полученную разметку данных с шага 2 для рядов с шага 1 и обучить модель детектировать стресс по параметрам с видеопотока.

Создать сервис для обработки видеопотока моделью машинного обучения для детектирования стресса.

Система работает следующим образом: человек проходит в кабинку к работнику пограничной службы, затем система определяет наличие проверяемого в кадре видеокamеры и начинает считывать параметры с его глаз. Далее в реальном времени происходит обработка временного ряда параметров глаза и работник пограничной службы видит, как меняется уровень стресса человека. Полученные результаты системы детектирования стресса позволяют сотруднику пограничной службы использовать их в качестве аргумента для отказа от прохождения контроля.

II. ОБЗОР ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ. СРАВНЕНИЕ АНАЛОГОВ

Для достижения поставленных целей необходимо разработать ряд алгоритмов и проанализировать открытые источники данных для последующего совершенствования моделей машинного обучения системы.

Стоит отметить, что на рынке нет полностью готовой системы, о которой говорится в статье, поэтому в качестве сравнения будем использовать компоненты системы, а не систему в целом.

Прежде всего, следует определить, какие открытые источники данных можно использовать для модели машинного обучения.

Для анализа были выбраны следующие наборы данных: VIPL-HRD [7], UBFC-PHYS-2, MMSE-HR [8].

Название	Параметр				Качество видео	Открытый доступ	Количество людей на видео
	HR	EDA	BVP	SpO2			
VIPL-HRD	+	-	+	-	1280x720	По запросу	102
UBFC-PHYS-2	-	+	+	-	1280x720, 30 fps	Открыт	56
MMSE-HR	+	-	-	+	1040x1392 25fps	Открыт	107

В данной таблице показано, что наибольшим количеством испытуемых обладают наборы данных VIPL-HRD, MMSE-HR. Но стоит отметить, что наборы данных VIPL-HRD и MMSE-HR не соответствуют параметру различимости по внешним данным, а также обладают не лучшим качеством видеопотока, следовательно, по ним сложнее определить параметры глаз. Стоит отметить, что набор данных VIPL-HRD не открыт для общего использования, а предлагается только по запросу создателей.

Также стоит отметить, что лучшей репрезентативностью для определения стресса человека являются параметры EDA и BVP, которыми обладает датасет UBFC-PHYS-2.

Для разработки системы был выбран в качестве наиболее подходящего для решения поставленных задач именно набор данных UBFC-PHYS-2.

Набор данных UBFC-Phys – это общедоступный мультимодальный набор данных, посвященный психофизиологическим исследованиям.

56 участников прошли трехэтапный опыт, в ходе которого они пережили социальный стресс с помощью задания T1 – отдых, речевого задания T2 и арифметического задания T3.

Далее следует определить, какие параметры глаз будут использоваться для определения стресса человека.

В качестве параметров глаз были выбраны:

- фиксации (задержки на элементе);
- саккады (быстрое скачкообразное движение глаз);
- длительность фиксации;
- частота регрессивных саккад;

В выбранных наборах данных сделан акцент на следующие параметры: качество видео, доступность для использования, количество испытуемых и степень их различимости по внешним данным, параметры, связанные с работой сердца: Heart rate(HR) – частота сердечных сокращений, electrodermal activity(EDA), проводимость электрического тока кожей, blood volume pulse(BVP) – пульс, Pulse oximetry(SpO2) – тканевая оксиметрия.

- длительность первой фиксации;
- частота моргания.

Базовыми параметрами в исследовании движения глаз считаются фиксации (задержки взгляда на элементе зрительной сцены) и саккады (быстрые скачкообразные движения глаз испытуемого из одной фиксации к другой) [9].

В работах Дмитриева Д.А. по клинической медицине представлены результаты изучения вариабельности сердечного ритма в отношении когнитивных процессов. По мнению исследователя, это позволяет выявить связи между характеристиками вегетативной регуляции сердечного ритма и параметрами внимания. Так, например, с возрастанием уровня сложности умственной (mental) нагрузки, снижается степень выраженности в динамике сердечного ритма вазомоторного компонента, за счет чего снижается общая вариабельность сердечного ритма [10].

Стоит отметить, что для работы системы не требуется сохранять данные биометрии, даже для последующего улучшения работы моделей машинного обучения. Это связано с тем, что модель анализирует только значения параметров как временной ряд и не работает с изображениями, а современные библиотеки компьютерного зрения дают возможности для реализации детектирования параметров глаза описанных ранее.

Рассмотрим методы машинного обучения, использование которых позволит решить поставленные нами задачи.

В таблице 1 показаны «плюсы» и «минусы» названных методов машинного обучения для детектирования стресса с камер.

ТАБЛИЦА 1.

Название метода	Плюсы метода	Минусы метода
<i>Классификационное дерево решений</i>	Быстрое обучение. Скорость обработки.	Склонность к переобучению. Плохо масштабируется.
<i>Рекуррентные нейронные сети</i>	Точность работы. Легко масштабируются.	Требует много данных. Для высокой скорости обработки требуется специальное оборудование.
<i>Нейронные сети основанные на механизме внимания (Трансформер)</i>	Точность работы. Легко масштабируются.	Требует много данных. Для высокой скорости обработки требуется специальное оборудование.

В качестве решения будет представлен метод, основанный на классификационном дереве решений. Выбор обусловлен тем, что его использование не требует дополнительных затрат по техническому оборудованию (GPU, определенный CPU и др.) и упрощает эксплуатацию системы на месте работы.

III. ВЫБОР МЕТОДА РЕШЕНИЯ

Для решения были выбраны следующие компоненты:

- Набор данных UBFC-PHYS-2 для подготовки данных для обучения модели машинного обучения. Набор данных отвечает всем поставленным требованиям, среди которых качество видео, степень различимости испытуемых, открытый доступ.
- Модель машинного обучения – классификационное дерево решений. Модель не

требует дополнительного технического оборудования и отличается быстрой скоростью обработки результата.

- В качестве языка программирования системы и её компонентов был выбран язык программирования Python, а также такие модули, как openCV, scikit-learn, fastAPI.
- Приложение «упаковано» в Docker.
- Описание метода решения.

Используемое ПО: Операционная система Linux. Дистрибутив Ubuntu 18.04.2, Google Colaboratory, tensorflow 2.3, labeling, opencv,dlib, scikit-learn, fastAPI, Docker.

Рассмотрим процесс работы системы от получения видеопотока до обработки результатов.

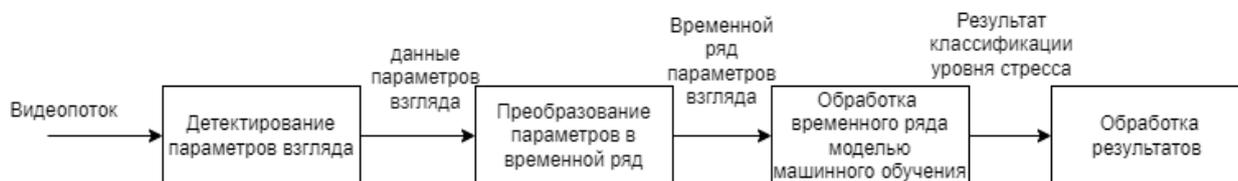


Рис. 1. Процесс шагов определения стресса по взгляду

Рассмотрим каждый компонент системы в отдельности:

1. Видеопоток

В качестве обработки видеопотока выступает скрипт, считывающий RTSP – поток с камеры видеонаблюдения и написанный на языке программирования Python. Далее с помощью модуля openCV скрипт передает кадры с камеры на обработку модулю детектирования параметров взгляда.

2. Модуль детектирования параметров взгляда

Модуль детектирования параметров взгляда состоит из функций определения: фиксации, саккад, длительных фиксации, частоты регрессивных саккад, длительности первой фиксации.

Рассмотрим определение каждого из параметров по отдельности:

- Фиксации

Для определения фиксации используется модель shape_predictor_68_face_landmarks из модуля dlib. Данная модель дает возможность определять 68 точек лица, из

которых 12 точек отвечают за левый и правый глаз. С помощью данной модели мы отделяем глаза человека и используем гистограмму серого для определения фиксации. Если гистограмма изображения глаз не изменялась, значит считаем, что произошла фиксация на объекте.

- Длительность фиксации
Длительность фиксации – это время одной фиксации.
- Длительность первой фиксации
Время длительности первой фиксации.
- Саккады

Чтобы определить саккады или так называемые быстрые, строго согласованные движения глаз, происходящие одновременно в одном направлении, используется уже определенный параметр такой, как длительность фиксации. Если длительность фиксации составила меньше задаваемого параметра (в системе 500 мс, т.к. в среднем у человека происходит 2–3 саккады в секунду) и гистограмма серого глаз

совпадают, то произошла саккада, и мы записываем её направление.

- Частота регрессивных саккад

При регрессивных саккадах взгляд возвращается в то положение, которое было до саккады. Частота

регрессивных саккад – это число регрессивных саккад за пройденный промежуток времени. Регрессивная саккада определяется при равенности направления взгляда и предыдущей саккады.

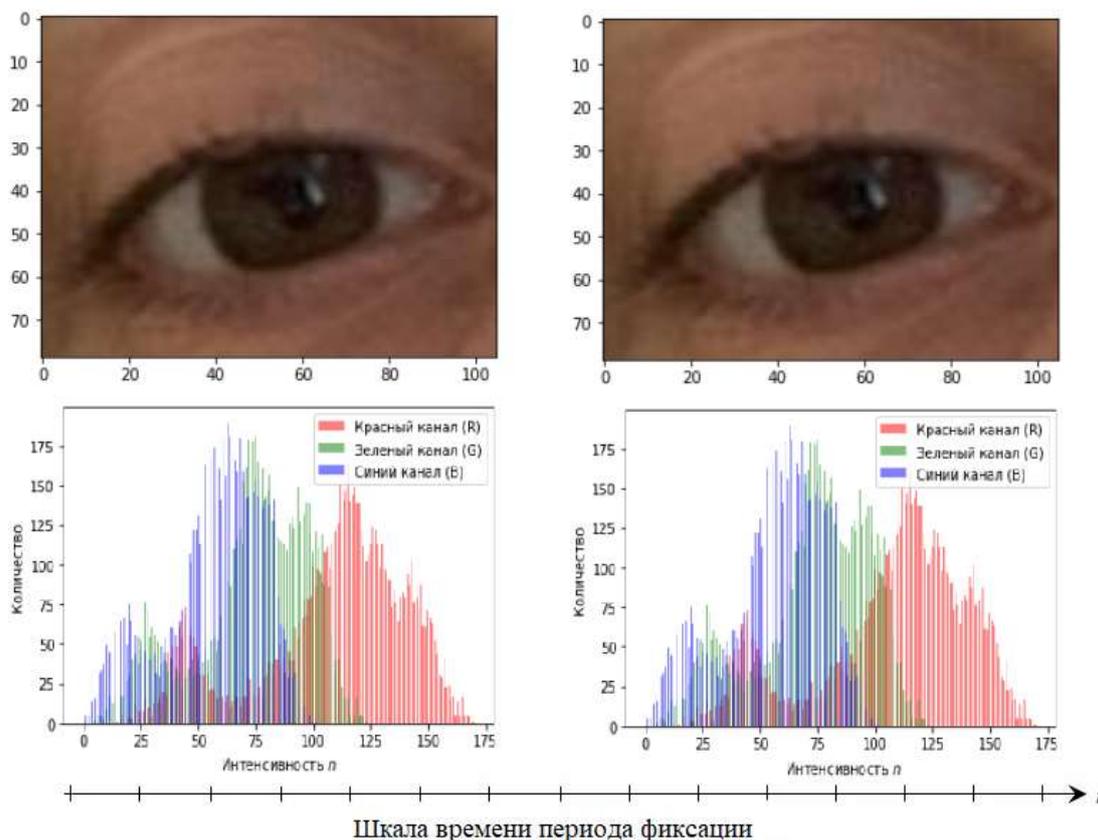


Рис. 2. Пример работы детектирования фиксации

3. Модуль преобразования параметров взгляда во временной ряд

Результаты детектирования параметров взгляда мы записываем во временные ряды в виде следующих значений:

- Фиксации

Если произошла фиксация, то значение становится равным 1, иначе 0.

- Длительность фиксации

Определяем длину одной фиксации и значение за промежуток времени данной фиксации записываем длительность фиксации на весь промежуток в мс.

- Длительность первой фиксации

Значение ряда заполняется длиной первой фиксации

- Саккады

Записывается направление саккады: влево, вправо, вперед, вниз.

- Частота регрессивных саккад

Записывается число регрессивных саккад, деленное на 5-ти секундный временной промежуток.

4. Модуль обработки временного ряда параметров взгляда моделью машинного обучения

В качестве модели машинного обучения, как уже сказано выше, было выбрано классификационное дерево решений. На вход модели подаются значения временных рядов параметров глаза за заранее известный промежуток времени – 40 секунд. Данные делились в соотношении 80 % на 20 %, где 80 % – обучающая выборка, а 20 % – тестовая выборка. В качестве предсказания будем использовать параметр – испытан стресс или не испытан стресс. Параметр находится с помощью модели определения стресса по параметрам сердца. В наборе данных были обработаны 20 видео по 40 секунд и записаны параметры глаз для каждого из них. Это связано с тем, что нужно успеть до принятия решения обработать результат и успеть показать специалисту. Использовался модуль `sclearn.tree.DecisionTreeClassifier`. Лучшим решением

оказались следующие параметры модели: `max_depth` – 10, `min_samples_leaf` – 5. Точность реализуемой модели – 63,51 %.

5. Модуль обработки результатов системы

Результатом обработки системы является результат работы классификационной модели и ответ – испытывает стресс или не испытывает стресс. Модель «обернута» в сервер на `fastAPI` и `Docker`-контейнер в качестве общения с сервером используется HTTP запросы.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, нами рассмотрена модель определения стресса человека по параметрам глаз на пограничном контроле, которая оказывает помощь таможенному офицеру в работе. Мы проанализировали наборы данных, представляющие информацию о сердечных параметрах человека и набор данных с видео, где испытуемые находились в стрессовых ситуациях. Также были проанализированы методы решения, в качестве более эффективного (более точного) выбран метод машинного обучения – классификационное дерево решений. Точность модели составила 63,51 %. В качестве инструмента решения задачи был выбран язык программирования Python и его модули: `scikit-learn`, `openCV`, `fastAPI`. Параметры глаз определялись с помощью методов компьютерного зрения. Система «обернута» в `Docker`-контейнер, общение происходит за счет HTTP-запросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Аноприенко А.Я., Иваница С.В., Лычагин Р.В. Анализ современных подходов к процедурам узнавания и распознавания лиц для систем биометрического контроля // Информатика и кибернетика. 2016. № 1 (3). С. 25-31.
- [2] Болдырев К.М., Лаптева М.А., Фаворская М.Н. Система детектирования глаз на нелокализованном изображении // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2013. №9. С.353.
- [3] Полевая С.А., Еремин Е.В., Буланов Н.А., Бахчина А.В., Ковальчук А.В., Парин С.Б. Событийно-связанная телеметрия ритма сердца для персонализированного дистанционного мониторинга когнитивных функций и стресса в условиях естественной деятельности // Современные технологии в медицине. 2019. №1. С.109-115.
- [4] Исаева О.Л., Бороненко М.П. Экспериментальные методы пупиллографического анализа на основе приборов высокоскоростной видеосъемки // Вестник ЮГУ. 2021. №3 (62). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-metody-pupillograficheskogo-analiza-na-osnove-priborov-vysokoskorostnoy-videosemki> (дата обращения: 15.01.2023).
- [5] Романова Е.С. Девяносто девять популярных профессий. М., 2008. 464 с.
- [6] R. Meziati Sabour, Y. Benezeth, P. De Oliveira, J. Chappé, F. Yang. «UBFC-Phys: A Multimodal Database For Psychophysiological Studies Of Social Stress» // IEEE Transactions on Affective Computing, 2021.
- [7] VIPL-HR: A Multi-modal Database for Pulse Estimation from Less-constrained Face Video 11 Oct 2018 Xuesong Niu, Hu Han, Shiguang Shan, Xilin Chen
- [8] MMSE-HR dataset (Multimodal Spontaneous Expression-Heart Rate dataset)
- [9] Полевая С.А., Полевая А.В., Серова М.С., Синеокова Т.Н. Особенности движения глаз и варибельности сердечного ритма при чтении текстов с причинноследственными связями на иностранном языке русскоязычными студентами как отображение субъективной сложности задачи (модель эксперимента) // Теоретические и прикладные аспекты изучения речевой деятельности. 2016. №4. С.194-205.
- [10] Димитриев Д.А., Саперова Е.В., Димитриев А.Д., Салимов Э.Р. Использование нелинейных параметров варибельности сердечного ритма для выявления стресса // Журнал медико-биологических исследований. 2021. №3. С. 265-274.