

**Методика определения психической надежности сотрудников транспортной безопасности с использованием машинного обучения**

**Жовнерчук Е.В.<sup>1,2</sup>** д.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник, доцент кафедры психиатрии, наркологии и психотерапии,  
**Чичкалюк В.А.<sup>3</sup>** к.м.н., доцент, начальник центра  
**Жовнерчук И.Ю.<sup>4</sup>** к.м.н., врач психиатр  
**Михайловский Н.Э.<sup>5,6</sup>** генеральный директор, преподаватель  
**Мошкин В.В.<sup>5</sup>** старший программист-математик  
**Юрашку И.В.<sup>5</sup>** инженер по машинному обучению и анализу данных

- 1 – ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. Н.Ф. Измерова»  
105275, Россия, Москва, пр-т Буденного, д. 31
- 2 – Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России  
125371, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 91
- 3 – ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»  
664074, Сибирский федеральный округ, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15
- 4 – ФГКУ «Главный центр военно-врачебной экспертизы» Министерства Обороны Российской Федерации  
105094, город Москва, Госпитальная пл., д. 1-3 стр. 5
- 5 – ООО «НТР»  
129594, Россия, Москва, 12-й пр. Марьиной рощи, д.9, стр.1
- 6 – ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

**Цель:** разработать методику формирования видеодатасета рефлексорной мимической активности лица в группе сотрудников транспортной безопасности (ТБ) с оценкой их психофизиологического состояния, подтверждающего наличие функционального состояния утомления.

**Методы.** В работе впервые описан метод определения психической надежности сотрудников транспортной безопасности с использованием машинного обучения. Предметом исследования выступило функциональное состояние – утомление. Объектом изучения выступили сотрудники транспортной безопасности железнодорожного транспорта 63 человека (мужчины, n=37 и женщины, n=26). Средний возраст составил у мужчин 37+7,2, Женщин 35 +-7,5. При исследовании использовались: опросник ДОРС (BMSII-B, Plath & Richter, 1985: адаптация А. Б. Леоновой и С. Б. Величковой, 2001) «Дифференцированная оценка состояний сниженной работоспособности; ГШ Госпитальная шкала тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale – HADS); УН методика «Уровень невротизации» (УН); ВЛК (Шипилов)- методики А.И.Шипилова «Тест по выявлению уровня внутриличностной конфликтности»; ВР оценка простой сенсомоторной реакции в миллисекундах.

**Результаты.** Обучение нейронной сети проводилось при помощи библиотеки mediapipe. Были вычислены ключевые точки лица в каждом кадре. Использовалась BlazeFace (модель машинного обучения для быстрого определения положения лица и ключевых точек), которая строит 468 ключевых точек одновременно на нескольких лицах и дает оценку их координат в трехмерном пространстве. В нашем исследовании нами была предпринята попытка доказать возможность применения технологии машинного обучения по распознаванию психической надежности у работников транспортной безопасности. Мы экстраполировали состояние утомления на психическую надежность работников транспортной безопасности.

**Заключение.** В результате исследования в эксперименте были подтверждена возможность обучения искусственных нейронных сетей по дистанционному распознаванию функционального состояния утомления. Точность распознавания в нашем эксперименте 70%, говорит о необходимости в проведении дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** психическая надежность, транспортная безопасность, машинное обучение.

**Для цитирования:** Жовнерчук Е.В., Чичкалюк В.А., Жовнерчук И.Ю., Михайловский Н.Э., Мошкин В.В., Юрашку И.В. Методика определения психической надежности сотрудников транспортной безопасности с использованием машинного обучения. *Психическое здоровье* 2022; 17(12): 3-10.

**Автор для корреспонденции:** Жовнерчук Евгений Владимирович; **e-mail:** zheviy@yandex.ru

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** исследование выполнено в рамках тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования.

**Поступила:** 15.10.2022

## Methodology for determining the mental reliability of transport security personnel using machine learning

Zhovnerchuk E.V.<sup>1,2</sup>, Chichkalyuk V.A.<sup>3</sup>, Zhovnerchuk I.Y.<sup>4</sup>, Mikhailovsky N.E.<sup>5,6</sup>, Moshkin<sup>5</sup> V.V.<sup>5</sup>, Yurashku<sup>5</sup> I.V.

1 – Research Institute of Occupational Medicine named after N.F. Izmerov  
Moscow, Russian Federation

2 – Academy of Postgraduate Education Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies,  
Federal Medical and Biological Agency  
Moscow, Russian Federation

3 – Irkutsk State Transport University

4 – Federal state institution “Main center of military medical expertise” of the ministry of defense of the Russian Federation  
Moscow, Russian Federation.

5 – LLC “NTR”  
Moscow, Russian Federation

6 – Tomsk State University,  
Tomsk, Russian Federation

**Aim:** to develop a methodology for the formation of a video dataset of reflex facial activity of a person in a group of transport security officers (TB) with an assessment of their psychophysiological state confirming the presence of a functional state of fatigue.

**Methods.** The paper describes for the first time a method for determining the mental reliability of transport security personnel using machine learning. The subject of the study was a functional state – fatigue. The object of the study were employees of railway transport security 63 people (men, n=37 and women, n=26). The average age was  $37 \pm 7.2$  for men,  $35 \pm 7.5$  for women. The study used: the DORS questionnaire (BMSII-B, Plath & Richter, 1985: adaptation of A. B. Leonova and S. B. Velichkovskoy, 2001) Differentiated assessment of conditions of reduced working capacity; GS Hospital Anxiety and Depression Scale (Hospital Anxiety and Depression Scale – HADS); UN technique “Level of neuroticism (UN); VLK (Shipilov) – methods of A.I.Shipilov «Test to identify the level of intrapersonal conflict»; BP assessment of a simple sensorimotor reaction in milliseconds.

**Results.** The neural network was trained using the mediapipe library. The key points of the face in each frame were calculated. We used BlazeFace (a machine learning model for quickly determining the position of a face and key points), which builds 468 key points simultaneously on several faces and gives an estimate of their coordinates in three-dimensional space. In our study, we attempted to prove the possibility of using machine learning technology to recognize mental reliability in transport security workers. We extrapolated the state of fatigue to the mental reliability of transport security workers.

**Conclusion.** As a result of the research, the possibility of training artificial neural networks by remote recognition of the functional state of fatigue was confirmed in the experiment. The recognition accuracy in our experiment is 70%, which indicates the need for further research.

**Keywords:** mental reliability, transport safety, machine learning.

**For citation:** Zhovnerchuk E.V., Chichkalyuk V.A., Zhovnerchuk I.Y., Mikhailovsky N.E. Moshkin V.V., Yurashku I.V. Methodology for determining the mental reliability of transport security personnel using machine learning. states. *Psikhicheskoe zdorovie [Mental Health]* 2022; 17(12): 3-10. (In Russ.).

**Corresponding author:** Evgeny V. Zhovnerchuk, **e-mail:** zheviy@yandex.ru

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The study was carried out within the framework of the subject of scientific research included in the plans of scientific work of educational institutions of higher education engaged in scientific research.

**Accepted:** 15.10.2022

### Введение

Современные технологии машинного обучения позволяют автоматизировать многие процессы в человеческой жизни. Промышленная революция 4.0 дает возможность внедрения в систему оценки профессиональной и психической надежности методов машинного обучения основанных на распознавании образов [1]. В настоящее время такие технологии дистанционного распознавания психо-

эмоционального состояния используются при анализе видеоизображения лица. Лицо человека является надежным источником рефлекторного отображения психического состояния [2]. Мимические мышцы даже исходя из своего названия в совокупности мимической выразительности могут быть изучены при помощи анализа видеоизображения методом машинного обучения. Для этого использу-

ются специфические видеодатасеты определенных психических состояний. Возможность обучать нейронные сети определять образы, в том числе мимическую выразительность лица, стала широко доступной в связи с появлением возможности автоматической разметки на лице краниометрических и кефалометрических точек [3]. Такие данные находятся в открытом доступе и каждый может обучить свой программный продукт распознавать на лице, в том числе и в трехмерном пространстве, точки, которые являются своеобразным измерительным инструментом [4]. Эти данные о положении краниометрических точек в пространстве могут в тех или иных психических состояниях занимать типичное расположение. Эту закономерность улавливают нейросети и обучаются в дальнейшем типировать психическое состояние по видеоизображению лица [5]. Таким образом были созданы программы распознавания базовых эмоций при помощи анализа видеоизображения лица. В нашем исследовании мы предприняли попытку сформировать видеодатасет утомления как предиктора риска неудовлетворительного психического состояния, снижающего профессиональную надежность. В доступной нам литературе и руководящих документах информации об обязательной оценке состояния здоровья, функционального состояния сотрудников транспортной безопасности перед регулярным заступлением на службу и в её процессе не выявлено [6, 7, 8].

**Цель исследования:** разработать методику формирования видеодатасета рефлексорной мимической активности лица в группе сотрудников транспортной безопасности (ТБ) с оценкой их психофизиологического состояния, подтверждающего наличие функционального состояния утомления.

#### **Задачи:**

1. Разработать методику дифференцированного определения функционального состояния утомления с одновременной регистрацией биометрических данных (рефлексорной мимической активности) для создания датасета, обучающего нейронную сеть.

2. Сбор и разметка биометрических датасетов специфического функционального состояния утомления на добровольцах.

3. Разработать прототип программного продукта на основе сверточной нейронной сети (с использованием открытых библиотек данных), распознающей биометрические данные лица и рефлексорную мимическую активность, способную к обучению на биоме-

трических размеченных датасетах (видеоряд) специфического функционального состояния утомления.

#### **Методы**

Предметом исследования выступило функциональное состояние — утомление. Объектом изучения выступили сотрудники транспортной безопасности железнодорожного транспорта. Дизайн исследования включал в себя изучение функционального состояния утомления у обследованных до его возникновения и регистрацию его после наступления психофизиологическими методиками и сбором биометрических данных путем видеофиксации мимической выразительности лица. Состояние утомления регистрировалось после суточной смены выполнения должностных обязанностей в ходе несения дежурства. Состояние предшествующее утомлению регистрировалось до или в процессе профессиональной деятельности, которому предшествовал соответствующий отдых. Исследование одобрено локальным этическим комитетом, у всех обследуемых бралось добровольное письменное согласие на участие в научном эксперименте. Научное исследование выполнено в рамках тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования. Обследуемый контингент составили 63 человека (мужчины,  $n=37$  и женщины,  $n=26$ ). Средний возраст составил у мужчин  $37\pm 7,2$  года, у женщин —  $35\pm 7,5$  года. Психологическое и психофизиологическое исследование сотрудников транспортной безопасности было организовано в течение апреля-июня 2022 г. В нём приняли участие 63 человека (в том числе 37 мужчин и 26 женщин) в возрасте от 22 до 52 лет. Сотрудники транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры (ОТИ) железнодорожных (ж.д.) вокзалов, и транспортных средств (ТС) пассажирских поездов дальнего следования 15 человек и электропоездов пригородного сообщения 10 человек. Минимальный цикл профессиональной деятельности для сотрудников ТБ ОТИ составлял 24 часа(сутки), а ТС 2-3 суток в пассажирских поездах дальнего следования и 10-12 часов в электропоездах пригородного сообщения. Обследование сотрудников ТБ, относительно цикла профессиональной деятельности, осуществлялось следующим образом:

— сотрудники ТБ ОТИ (ж.д. вокзалов) двукратно в периоды 1–1,5 ч с момента начала смены и 1–1,5 ч

до завершения смены соответственно, продолжительностью для одного сотрудника 15–20 минут;

- сотрудники ТБ ТС (пассажирские поезда дальнего следования) двукратно в периоды 1–1,5 ч до отправления и 1–1,5 ч после прибытия поезда соответственно, продолжительностью для одного сотрудника 15–20 минут;

- сотрудники ТБ ТС электропоездах пригородного сообщения однократно на оборотной станции, продолжительностью для одного сотрудника 15–20 минут;

При психологическом и психофизиологическом исследовании использовались следующие методики:

- опросник ДОРС (BMSII-B, Plath & Richter, 1985; адаптация А. Б. Леоновой и С. Б. Величковской, 2001) «Дифференцированная оценка состояний сниженной работоспособности (утомление-монотония-пресыщение-стресс)»;

- ГШ Госпитальная шкала тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale – HADS), экспресс-скрининг для оценки уровня тревоги и депрессии, (Zigmond A.S., Snaith R.P. 1983);

- УН Экспериментально-психологическая методика «Уровень невротизации» (УН) для экспресс-диагностически выявления степени выраженности невротизации. Методика разработана в 1974 г. сотрудниками лаборатории клинической психологии Психоневрологического института им. В.М. Бехтерева;

- ВЛК (Шипилов)- методики А.И.Шипилова «Тест по выявлению уровня внутриличностной конфликтности»;

- ВР оценка простой сенсомоторной реакции в миллисекундах

Биометрическая фиксация рефлекторной мимической активности производилась следующим образом. Обследуемый перед компьютером смотрит в видеокамеру при этом производилась видеозапись длительностью около 1 минуты. Далее испытуемый читает вслух 5 стандартизированных вопросов и поочередно отвечает вслух при этом взор его был направлен на видеокамеру. Одновременно шла запись видео и голоса до 3 минут. Далее проходило психофизиологическое тестирование 5 методиками регистрирующими признаки утомления (10–15 минут). Данное обследование проводится один раз перед заступлением на дежурство и второй раз после окончания дежурства.

В результате проведенного исследования был сформирован набор данных (видеодатасет) для машинного обучения нейронной сети.

## Результаты исследования и их обсуждение

В результате психофизиологического обследования были получены следующие данные, наглядно представленные в **табл. 1**.

Установлено, что наиболее информативными методики по определению утомления в нашем эксперименте стали: ДОРС и ВР, а ГШ, УН и ВЛК наоборот менее информативны в данной схеме обследования. Косвенно это может указывать на достаточное качество психологического и психофизиологического отбора сотрудников при приеме на работу, так и необходимость оперативной диагностики и коррекции функционального состояния у 15–50% (по различным показателям и подразделениям) сотрудников ТБ. Таким образом, эти данные указывают, что в группах обследуемого контингента до заступления на дежурство признаки утомления отсутствовали, что позволило сформировать обучающий видеодатасет размеченный как «без признаков утомления».

Основываясь на данных, приведенных в табл. 1, мы видим, что в группе обследуемых после несения дежурства были выявлены признаки утомления, что позволило сформировать обучающий видеодатасет размеченный как «признаки утомления». Датасет был разделен на обучающую и тестовую выборку в соотношении 4:1.

Обучение нейронной сети проводилось следующим образом.

Для каждого объекта при помощи библиотеки mediapipe [Lugaresi C. и др., 2019] были вычислены ключевые точки лица в каждом кадре. Использовалась BlazeFace [Bazarevsky V. и др., 2019] (модель машинного обучения для быстрого определения положения лица и ключевых точек), которая строит 468 ключевых точек одновременно на нескольких лицах и дает оценку их координат в трехмерном пространстве. При этом возможно использовать подграф ориентации лица из модуля ориентации лица и визуализации с помощью выделенного подграфа модуля рендеринга лиц.

Каждая такая точка – трехмерный вектор. На основании этих точек и некоторых других начальных источников информации были сгенерированы потенциально полезные признаки, на которых производилось обучение модели, оценивалась метрика точности гоc-аус и делались выводы о важности признака для определения утомляемости. Финальная модель включала признаки, которые показали положительную корреляцию с состоянием утомления.

**Таблица 1. Результаты оценки психологических и психофизиологических показателей функционального состояния сотрудников транспортной безопасности на отдельных этапах профессиональной деятельности****Table 1. The results of the assessment of psychological and psychophysiological indicators of the functional state of transport security employees at certain stages of professional activity**

| №<br>п.п. | методики | показатели                       | уровни         | Количество (%) |                   |       |    |       |                     |       |    |     |            |     |
|-----------|----------|----------------------------------|----------------|----------------|-------------------|-------|----|-------|---------------------|-------|----|-----|------------|-----|
|           |          |                                  |                | всего          | начальный. период |       |    |       | завершающий. период |       |    |     | в процессе |     |
|           |          |                                  |                |                | подразделение     |       |    |       | подразделение       |       |    |     | ППК        |     |
|           |          |                                  |                |                | ЖВ                |       | ПК |       | ЖВ                  |       | ПК |     |            |     |
| абс.ч     | %        | абс.ч                            | %              | абс.ч          | %                 | абс.ч | %  | абс.ч | %                   | абс.ч | %  |     |            |     |
| 1.        | ДОРС     | Индекс утомления (ИУ)            | низкий         | 71             | 23                | 62    | 14 | 93    | 15                  | 51    | 11 | 79  | 9          | 90  |
|           |          |                                  | умеренный      | 25             | 12                | 34    | 1  | 7     | 10                  | 41    | 2  | 14  | 1          | 10  |
|           |          |                                  | выраженный     | 4              | 2                 | 4     | 0  | 0     | 2                   | 8     | 1  | 7   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | высокий        | 0              | 0                 | 0     | 0  | 0     | 0                   | 0     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          | Индекс монотонии (ИМ)            | низкий         | 27             | 21                | 26    | 4  | 27    | 15                  | 51    | 2  | 14  | 0          | 0   |
|           |          |                                  | умеренный      | 73             | 15                | 70    | 11 | 73    | 11                  | 45    | 12 | 86  | 10         | 100 |
|           |          |                                  | выраженный     | 2              | 1                 | 4     | 0  | 0     | 1                   | 4     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | высокий        | 0              | 0                 | 0     | 0  | 0     | 0                   | 0     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          | Индекс пресыщения (ИП)           | низкий         | 59             | 11                | 30    | 11 | 73    | 6                   | 22    | 11 | 79  | 7          | 70  |
|           |          |                                  | умеренный      | 34             | 23                | 70    | 3  | 20    | 18                  | 66    | 3  | 21  | 3          | 30  |
|           |          |                                  | выраженный     | 5              | 1                 | 0     | 1  | 7     | 1                   | 4     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | высокий        | 2              | 2                 | 4     | 0  | 0     | 2                   | 8     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          | Индекс стресса (ИС)              | низкий         | 49             | 20                | 40    | 10 | 67    | 14                  | 47    | 10 | 72  | 5          | 50  |
|           |          |                                  | умеренный      | 48             | 15                | 48    | 5  | 33    | 11                  | 45    | 4  | 28  | 5          | 50  |
|           |          |                                  | выраженный     | 2              | 2                 | 8     | 0  | 0     | 2                   | 8     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | высокий        | 1              | 1                 | 4     | 0  | 0     | 0                   | 0     | 0  | 0   | 0          | 0   |
| 2         | ГШ       | Тревожность                      | низкий         | 93             | 28                | 85    | 15 | 100   | 30                  | 94    | 14 | 100 | 10         | 100 |
|           |          |                                  | доклинический  | 4              | 3                 | 9     | 0  | 0     | 1                   | 3     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | клинический    | 3              | 2                 | 6     | 0  | 0     | 1                   | 3     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          | Депрессия                        | низкий         | 95             | 31                | 94    | 14 | 93    | 30                  | 94    | 14 | 100 | 10         | 100 |
|           |          |                                  | доклинический  | 5              | 2                 | 6     | 1  | 7     | 1                   | 3     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | клинический    | 0              | 0                 | 0     | 0  | 0     | 1                   | 3     | 0  | 0   | 0          | 0   |
| 3         | ВЛК      | Внутриличностная конфликтность   | крайне низкий  | 16             | 6                 | 18    | 1  | 6     | 5                   | 17    | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | низкий         | 49             | 14                | 42    | 9  | 60    | 13                  | 45    | 7  | 58  | 3          | 30  |
|           |          |                                  | средний        | 28             | 13                | 40    | 4  | 28    | 11                  | 38    | 4  | 33  | 7          | 70  |
|           |          |                                  | высокий        | 7              | 0                 | 0     | 1  | 6     | 0                   | 0     | 1  | 9   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | сверхвысокий   | 0              | 0                 | 0     | 0  | 0     | 0                   | 0     | 0  | 0   | 0          | 0   |
| 4         | УН       | Невротизация                     | очень высокий  | 0              | 0                 | 0     | 0  | 0     | 0                   | 0     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | высокий        | 0              | 0                 | 0     | 0  | 0     | 0                   | 0     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | повышенный     | 0              | 0                 | 0     | 0  | 0     | 0                   | 0     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | неопределённый | 0              | 0                 | 0     | 0  | 0     | 0                   | 0     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | пониженный     | 0              | 0                 | 0     | 0  | 0     | 0                   | 0     | 0  | 0   | 0          | 0   |
|           |          |                                  | низкий         | 90             | 95                | 85    | 80 | 90    | 95                  | 90    | 85 | 95  | 85         | 95  |
|           |          |                                  | очень низкий   | 10             | 5                 | 15    | 20 | 10    | 5                   | 10    | 15 | 5   | 15         | 5   |
|           |          | Недостовверные результаты (ложь) | 21             | 30             | 20                | 10    | 0  | 15    | 5                   | 15    | 5  | 30  | 40         |     |
| 5         | ВР       | Сенсомоторная реакция            | высокий        | 50             | 12                | 39    | 9  | 60    | 15                  | 54    | 4  | 58  | 3          | 30  |
|           |          |                                  | средний        | 24             | 7                 | 22    | 4  | 27    | 7                   | 25    | 1  | 14  | 4          | 40  |
|           |          |                                  | низкий         | 26             | 12                | 39    | 2  | 13    | 6                   | 21    | 2  | 28  | 4          | 40  |

**Примечание:** показатели, указывающие на негативное функциональное состояние, выделены желтым цветом ( $p < 0,05$ ). **Список сокращений:** ТБ – транспортная безопасность; ОТИ – объект транспортной инфраструктуры; ТС – транспортное средство; ФПК – Федеральная пассажирская компания; БППК – Байкальская пригородная пассажирская компания; ФС- функциональное состояние.

Ниже приведен список исследованных потенциально полезных признаков:

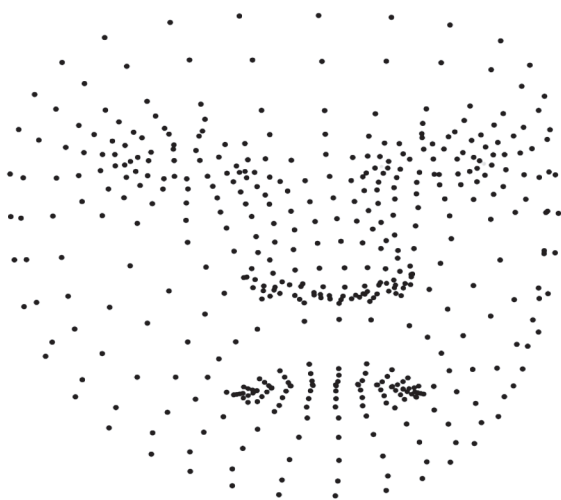
- `blink_frequency` – частота морганий, в среднем увеличивается;
- `blink_duration` – суммарная нормированная по времени длительность морганий;
- `blink_frequency_lr_difference` – показатель симметричности морганий;
- `action` – тип действия, производимый наблюдаемым человеком. тип категория, на данном этапе включает в себя классы `neutral`, `speech`;
- `nose_path_len`, `443_dot_path_len` – признак, отражающий степень колебаний во времени некоторых точек лица (именованных и нумерованных)

Проверены и отброшены в рамках текущей постановки задачи:

- признак, отражающий подвижность губ;
- признак, отражающий изгиб губ.

Далее эти размеченные данные изучались для машинного обучения распознавания утомления в 3 этапа. Сверточная нейронная сеть прошла предобучение на Библиотеке Mediapipe для трекинга ключевых точек лица. В качестве нейросети выбора выступила PyTorch – фреймворк машинного обучения для языка Python с открытым исходным кодом, созданный на базе Torch.

Для решения задачи бинарной классификации с целевым признаком «утомление испытуемого»



**Рис. 1.** Пример построения ключевых точек лица с использованием библиотеки mediapipe.

**Fig. 1.** An example of building face key points using the mediapipe library.

{True, False} используется бустинговая модель `lgbm` [Ke J. и др. 2017] оптимизируемая на метрику `roc_auc`.

Объект – видеоролик произвольной длины с полным или частичным присутствием испытуемого в кадре.

При разных вариациях включений признаков и подборе гиперпараметров значение метрики `roc_auc` достигает значений  $\sim 0.65$ – $0.7$ . Причем для некоторых пар видео (бодрость + утомление) сразу оба экземпляра определяются в одну категорию. Случаи, когда бодрость и утомление определяются в точности наоборот редки ( $\sim 9\%$ ), что указывает на необходимость производить относительную регрессионную оценку целевого признака.

В качестве альтернативного был исследован подход с классификацией утомления по одному кадру. В нем также с целевым признаком «утомление испытуемого» {True, False} была использована бустинговая модель `lgbm` оптимизируемая на метрику `roc_auc`.

В ходе проведения экспериментов, координаты некоторых точек имели больший разрешающий вес, нежели других.

Это точки, находящиеся:

- по верхнему краю верхней губы;
- левое/правое крылья носа;
- верхняя поверхность кончика носа;
- брови;
- точки по краям глаз (горизонтальная прямая).

При разных вариациях включений признаков и подборе гиперпараметров значение метрики `roc_auc` достигает значений  $\sim 0.6$  –  $0.63$ .

Была исследована также альтернативная постановка задачи. В этой постановке объект – это упорядоченная пара серий кадров (от 1 кадра в каждой серии), а задача – поставить этой паре в соответствие число из  $\{-1, 1\}$ , означающие, что человек более утомленный на втором/первом объекте из пары. Причем, благодаря специфике обрабатываемого датасета, «дистанция утомления» между объектами равна одной рабочей смене. Таким образом, переходя к задаче регрессии, можно будет легко расширить задачу до определения “дистанции утомления”, эквивалентную произвольному рабочему периоду.

Модель представляет из себя ансамбль между полносвязной нейросетью А и бустингом Б. А получает на вход пару последовательностей координат точек лица и выдает на выход целевой признак. Б является бустингом с признаковым пространством, сгенерированным на основании как кастомных, так и автоматически подобранных статистик, включая в себя предсказания моделей 1 и 2 этапов.

В ходе анализа результатов исследования были выявлены подзадачи для продолжения исследования по повышению чувствительности метода распознавания: отделить поворот головы; перевести данные на этапе инференса в вид анфас; аугментировать данные для обучения симметриями; добавить динамическое поддержание симметричности лица.

## Заключение

Изучение возможностей машинного обучения для дистанционного распознавания различных функциональных состояний наглядно показывает реалистичность данного подхода. Цифровизация и автоматизация диагностических подходов реализуемо на практике [9], что подтверждают результаты нашего исследования. Анализируя полученные данные можно утверждать, что подход по дистанционному распознаванию утомления реалистичен и требует совершенствования. Точность данных достигшая в нашем исследовании максимального значения в 70% на незначительной выборке по требованиям технологии обучения нейросетей, говорит о выверенном изучаемом состоянии утомления зарегистрированного психологическими и психофизиологическими методиками. Данный подход по применению дистанционного типирования утомления при помощи искусственного интеллекта открывает новые возможности в психодиагностике. В нашем исследовании нами была предпринята попытка доказать возможность применения технологии машинного обучения по распознаванию психической надежности у работников транспортной безопасности. Мы экстраполировали состояние утомления на психическую надежность работников транспортной безопасности. В результате исследования в эксперименте были подтверждена возможность обучения искусственных нейронных сетей по дистанционному распознаванию функционального состояния утомления. Точность распознавания в нашем эксперименте говорит о необходимости в проведении дальнейших исследований.

Исходя из полученных данных можно сделать следующие выводы:

— оценка функционального состояния утомления психологическими и психофизиологическими методами дает возможность формирования группы выбора обследуемых для получения биометрических данных специфического видеодатасета для машинного обучения. Методиками выбора могут служить ДОРС и время простой сенсомоторной реакции.

— при разработке прототипа программного продукта на основе сверточной нейронной сети (с использованием открытых библиотек данных), распознающей биометрические данные лица и рефлекторную мимическую активность, способную к обучению на биометрических размеченных датасетах (видеоряд) специфического функционального состояния утомления на выборке 63 человека можно достичь точности до 70%.

## Список литературы

1. Yastreba N.A. Industry 4.0: Cyberphysical Systems and Internet Things. A man in the technical environment. Collection of scientific articles. Issue 2. Under the editorship of N.A. Yastreba. Vologda: VSU, 2015. P. 136-141.
2. Ekman P., Friesen W. Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, 1978.
3. Bazarevsky V., Kartynnik Yu., Vakunov A., Raveendran K., Grundmann M. BlazeFace: Sub-millisecond Neural Face Detection on Mobile GPUs. ArXiv abs/1907.05047 (2019): 4.
4. Camillo L., Tang J., Nash H. et al. MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines. ArXiv abs/1906.08172 (2019): 9.
5. Ke G., Meng Q., Finley Th. et al. LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree. *Advances in Neural Information Processing Systems* 2017; 30: 3149-3157.
6. Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. N 16-ФЗ «О транспортной безопасности»
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 08 октября 2020 г. N 1633 «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры железнодорожного транспорта»
8. Приказ Министерства транспорта РФ от 21 августа 2014 г. N 231 «Об утверждении Требований к знаниям, умениям, навыкам сил обеспечения транспортной безопасности, личностным (психофизиологическим) качествам, уровню физической подготовки отдельных категорий сил обеспечения транспортной безопасности, включая особенности проверки соответствия знаний, умений, навыков сил обеспечения транспортной безопасности, личностных (психофизиологических) качеств, уровня физической подготовки отдельных категорий сил обеспечения транспортной безопасности применительно к отдельным видам транспорта» (с изменениями и дополнениями)
9. Мусаилов В.А., Долгих Р.Н., Потапов В.А. и др. Современные проблемы операционного блока многопрофильного стационара. *Госпитальная медицина: наука и практика* 2022; 5(4): 57-64. doi: 10.34852/GM3CVKG.2022.52.86.011.

## References

1. Yastreba N.A. Industry 4.0: Cyberphysical Systems and Internet Things. A man in the technical environment. Collection of scientific articles. Issue 2. Under the editorship of N.A. Yastreba. Vologda: VSU, 2015. P. 136-141.

2. Ekman P., Friesen W. Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, 1978.
3. Bazarevsky V., Kartynnik Yu., Vakunov A., Raveendran K., Grundmann M. BlazeFace: Sub-millisecond Neural Face Detection on Mobile GPUs. ArXiv abs/1907.05047 (2019): 4.
4. Camillo L., Tang J., Nash H. et al. MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines. ArXiv abs/1906.08172 (2019): 9.
5. Ke G., Meng Q., Finley Th. et al. LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree. *Advances in Neural Information Processing Systems* 2017; 30: 3149-3157.
6. Federal Law of February 9, 2007 N 16-FZ "On Transport Security". (In Russian)
7. Decree of the Government of the Russian Federation of October 08, 2020 N 1633 "On approval of requirements for ensuring transport security, including requirements for anti-terrorist protection of facilities (territories), taking into account security levels for various categories of railway transport infrastructure facilities". (In Russian)
8. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of August 21, 2014 N 231 "On approval of the Requirements for knowledge, skills, skills of transport security forces, personal (psycho-physiological) qualities, the level of physical fitness of certain categories of transport security forces, including the features of checking the compliance of knowledge, abilities, skills of the forces for ensuring transport security, personal (psycho-physiological) qualities, the level of physical fitness of certain categories of forces for ensuring transport security in relation to certain types of transport "(with changes and additions). (In Russian)
9. Musailov V.A., Dolgikh R.N., Potapov V.A. and others. Modern problems of the operating block of a multidisciplinary hospital. *Hospital Medicine: Science and Practice* 2022; 5(4): 57-64. (In Russian) doi: 10.34852/GM3CVKG.2022.52.86.011