

## МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

**А.А. Воронина**

angelina.vaa@gmail.com

**О.А. Шабалина**

o.a.shabalina@gmail.com

**Н.П. Садовникова**

npsn1@yandex.ru

**В.В. Гурьев**

vladgurjev@mail.ru

**ВолгГТУ, г. Волгоград, Российская Федерация**

---

### Аннотация

Оценка функционального состояния человека выполняется при оптимизации производственных процессов, распределении трудовых ресурсов, определении соответствующей физической и нервно-психической нагрузки, повышении нервно-психической устойчивости и проведении профилактических мероприятий против различных заболеваний. Рассмотрены подходы к оценке функционального состояния человека, а также данные, используемые для оценки состояния, и методы их сбора. Описаны метрики состояния человека и способы их интерпретации в контексте таких аспектов состояния, как вовлеченность и стресс. Предложен метод автоматизированной оценки состояния как свертки показателей, определяемых на основе разнородных данных, собираемых в процессе деятельности человека, что позволяет учитывать различные аспекты состояния и повышать степень уверенности в результатах его оценки. Из-за сложности интерпретации и интеграции разнородных данных обобщенная оценка состояния проводится с использованием механизма нечеткого вывода. Приведена архитектура интеллектуальной системы, включающая в себя подсистему оценки состояния, интерфейс прикладного программирования (API) и подсистему сбора данных. Разработана подсистема сбора данных пользователя, работающего за компьютером. Определены направления дальнейших исследований, связанные с расширением набора оцениваемых состояний человека и модификацией показателей оценки

### Ключевые слова

*Интеллектуальная система, функциональное состояние, оценка состояния, метод оценки состояния, окулографические данные, эмоциональное состояние, показатель оценки состояния*

Поступила 10.10.2024

Принята 12.06.2025

© Автор(ы), 2025

**Введение.** Функциональное состояние человека — это комплекс характеристик функций и качеств человека, которые прямо или косвенно влияют на различные виды его деятельности [1]. К функциональным относятся состояния, определяющие эффективность решения человеком трудовых задач [2, 3]. Функциональные состояния являются неотъемлемыми свойствами качеств и характеристик человека, они определяют эффективность его деятельности и поведения [2].

Оценку функционального состояния человека проводят для построения оптимального производственного процесса, нормирования труда, определения адекватных физических и нервно-психических нагрузок, повышения нервно-психической устойчивости человека [1]. Нормальное функциональное состояние является важной частью любого вида деятельности человека, а также обеспечивает возможность успешной и результативной деятельности определенного вида.

Оценку функционального состояния человека в процессе какой-либо деятельности проводят эксперты-специалисты на основе различных данных, характеризующих эту деятельность. В настоящее время также развивается направление исследований, связанное с разработкой методов автоматизированной оценки состояния человека и их реализацией в программных системах. Для оценки состояния в программных системах используются такие данные, как изображение/видео лица или глаз пользователя, движение тела, речь, а также данные, собираемые с датчиков и др. Результаты оценки в значительной степени зависят не только от выбора данных, собираемых системой, но и от их интерпретации в контексте состояния пользователя системы.

Многие известные системы используются для оценки отдельных аспектов состояния, таких как вовлеченность, стресс и умственное напряжение [4, 5]. Однако степень доверия к результатам оценки отдельных аспектов состояния человека может оказаться недостаточной для принятия решений на основе такой оценки [6]. Объединение разнородных данных о состоянии человека, собранных системой одновременно во время его деятельности, обеспечивает учет разных аспектов состояния и повышает уровень доверия к результатам оценки.

**Материалы и методы решения задач, принятые допущения.** В зависимости от аспекта рассматриваемого состояния методы оценки функционального состояния принято разделять на психологические, физиологические, психофизиологические и поведенческие. В зависимости от способа получения информации методы могут быть основаны на данных, предоставляемых самим испытуемым (самоотчет), полученных в результате

наблюдения внешних проявлений (в том числе с использованием фото- и видеоаппаратуры), экспериментов в естественных или лабораторных условиях (моделирование ситуаций, в которых может проявляться состояние), проективных методов, психофизиологических методов (регистрация психофизиологических изменений, наблюдаемых в ходе оценки состояния, поведения человека) [7, 8].

Для методов самоотчета необходимы разработка анкет и проведение опросов, что требует вовлечения самого испытуемого в процесс оценки его состояния. Методы, основанные на окулографических данных и данных об эмоциональном состоянии, требуют наличия видеокамеры и/или микрофона. Для сбора данных также могут понадобиться специальные средства, такие как электроэнцефалограф и электроды.

В качестве методов наблюдения за поведением человека часто используются окулография и распознавание эмоций, так как существуют готовые программные решения по распознаванию черт лица и эмоций пользователя. Результаты оценки состояния человека, получаемые с помощью таких методов, зависят от выбранных метрик и способов их интерпретации в контексте различных аспектов состояния.

Исследование зависимости стресса и показателей окулографии приведено в [9]. Отмечено, что в состоянии стресса участники совершают больше фиксаций, более длительных по времени. Различные окулографические метрики, влияющие на состояния человека, исследованы в [10, 11]. Показано, что более высокие значения числа фиксаций указывают на большее визуальное усилие при выполнении задания. Более высокое значение продолжительности фиксации определяет области, которые пользователь считает важными.

Для получения наиболее полных, непротиворечивых окулографических данных, таких как саккады и фиксации, необходимо иметь специализированное оборудование, например, айтрекер. Но такое оборудование не всегда удобно применять вне лабораторий в повседневной жизни. В то же время данные о морганиях глаза человека можно собирать с помощью веб-камеры, не используя специализированное оборудование. В некоторых работах приведены результаты исследований зависимости частоты моргания человека (число морганий в минуту) от его состояний. Так, в [12] исследована зависимость частоты моргания от вовлеченности человека. Показано, что существует отрицательная корреляция частоты моргания и вовлеченности человека. Модуляция частоты спонтанного моргания в зависимости от возрастающей нагрузки на внимание изучена в [13]. Выявлено, что увеличение сложности задачи приводит к увеличению процента пропущенных

целей, времени реакции и уменьшению частоты моргания. Исследование зависимости частоты моргания от стресса с использованием сигналов, получаемых с помощью электроэнцефалографии (ЭЭГ) [14], показало, что существует сильная корреляция между частотой моргания глаз и эмоциональным стрессом: при возникновении стресса увеличивается частота моргания. Метрика движения глаз «частота моргания» (более низкая частота моргания указывает на повышенную нагрузку и концентрацию внимания; более высокая частота моргания свидетельствует об усталости) приведена в [15].

Метод оценки уровня стресса на основе эмоциональных состояний предложен в [16], где отрицательные эмоции рассмотрены как психологический стресс, а нейтральные и положительные эмоции — как спокойное (не стрессовое) состояние. В [17] показано, что более высокий уровень стресса в текущий момент предсказывает усиление негативных эмоций (депрессии, гнева и тревоги) в будущем. Взаимосвязь между позитивными эмоциональными состояниями, вовлеченностью и успеваемостью студентов изучена в [18]. Отмечено, что позитивные эмоциональные состояния связаны с более высоким уровнем вовлеченности студентов. Чрезмерное число положительных эмоций может снижать вовлеченность сотрудников, но в целом положительные эмоции связаны с более высокой вовлеченностью [19].

Зависимость метрик от состояния человека (стресса и вовлеченности/внимания), полученная на основе ранее проведенных исследований, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость метрик от состояния человека

Метрика состояния	Зависимость		Источник
	Стресс	Вовлеченность/внимание	
Число фиксаций	Прямая	Прямая	[9–11]
Продолжительность фиксаций	Прямая	Прямая	[9–11]
Частота моргания	Прямая	Обратная	[12–14]
Негативные эмоции	Прямая	—	[16, 17]
Положительные эмоции	—	Прямая	[18, 19]

Все метрики состояния собираются в процессе какой-либо деятельности человека и интерпретируются в контексте состояния. Таким образом,

результат оценки состояния зависит от выбора метрики, сопоставляемой с соответствующим методом, и способов интерпретации отдельных метрик и/или их сверток. Интерпретации метрик разнородны, неоднозначны и несравнимы, следовательно, достоверность результатов оценки состояния человека в процессе той или иной деятельности по каждой метрике в отдельности может оказаться недостаточной для принятия решений, связанных с анализом и/или оценкой самой деятельности человека. Комбинация методов оценки состояния позволяет учесть разные аспекты возможных проявлений состояний человека и повысить степень доверия к результатам такой оценки.

**Метод оценки функционального состояния человека.** Разработан метод комбинированной оценки функционального состояния человека на основе окулографических данных и данных об эмоциональном состоянии, применимый для оценки деятельности человека, связанной с компьютером.

В качестве исходных выбраны данные, которые можно собирать с помощью видеокамеры: окулографические (моргания глаз); данные об эмоциональном состоянии человека (мимика лица). Выбраны также метрики, определяемые на основе полученных данных: окулографическая метрика (частота моргания); метрика эмоционального состояния человека (эмоция). Для приведения метрик состояния человека к одному интервалу времени  $t$  предложены окулографический и эмоциональный показатели состояния.

В качестве окулографического показателя состояния  $I_o$  человека предложена средняя частота моргания за выбранный интервал времени  $t$ :

$$I_o = \frac{\sum_{i=1}^n w_i}{t}, \quad (1)$$

где  $w_i$  —  $i$ -я частота моргания.

Эмоциональный показатель состояния  $I_{em}$  человека предложено определять как отношение суммы коэффициентов эмоций и числа собранных эмоций за интервал времени  $t$ :

$$I_{em} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n}, \quad (2)$$

где  $k_i$  — коэффициент  $i$ -й эмоции, который равен 1 и  $-1$  для положительных и негативных эмоций;  $n$  — число собранных эмоций.

В силу неоднозначности возможных интерпретаций количественных показателей состояния человека свертка показателей состояния осуществляется на основе механизма нечеткого вывода. Для оценки состояния в терминах нечеткой логики определены выходные лингвистические переменные  $HumanState_e$ ,  $HumanState_s$  для описания состояния вовлеченности и стресса предложен набор термов вида

$$HumanState_{e,s} \in \{low, below\ average, average, above\ average, high\} \quad (3)$$

на заданной области определений  $X = [0; 1]$ .

Для окулографического и эмоционального показателей в качестве входных лингвистических переменных определены  $Indicator_o$  и  $Indicator_{em}$  набором термов

$$Indicator_o \in \{low, below\ average, average, above\ average, high\} \quad (4)$$

на заданной области определений  $X = [0; 1]$ ;

$$Indicator_{em} \in \{negative, positive\} \quad (5)$$

на заданной области определений  $X = [-1; 1]$ .

Значение выходных переменных определяется на основе правил нечеткого вывода. Для представления термов лингвистических переменных выбраны нечеткие множества с гауссовыми функциями принадлежности, которые описываются формулой

$$F(x) = \exp \left[ - \left( \frac{x - c}{\sigma} \right)^2 \right], \quad (6)$$

где  $c$  — центр нечеткого множества;  $\sigma$  — значение крутизны функции.

Выбор гауссовой функции принадлежности обусловлен ее достаточной гибкостью и простотой задания (двумя параметрами) [20]. Выбранные начальные значения параметров функций принадлежности приведены в табл. 2.

Разработан прототип интеллектуальной системы оценки состояния человека, взаимодействующего с программным обеспечением (ПО) в процессе какой-либо деятельности. Процесс оценки состояния человека в системе состоит из следующих этапов:

- сбор данных пользователя ПО;
- обработка разнородных данных пользователя ПО;

- расчет показателей состояния;
- получение обобщенной оценки состояния.

Таблица 2

**Начальные значения параметра функций принадлежности для входной и выходной переменных,  $\sigma = 0,5$**

Показатель/переменные	Нечеткая переменная	$c$
Окулографический/входная, выходная	<i>low</i>	0
	<i>below average</i>	0,25
	<i>average</i>	0,5
	<i>above average</i>	0,75
	<i>high</i>	1
Эмоциональный	<i>negative</i>	-0,5
	<i>positive</i>	0,5

Архитектура системы включает в себя подсистемы оценки состояния, программного интерфейса взаимодействия (API-взаимодействия) и подсистемы сбора данных пользователя. Подсистема оценки состояния состоит из модулей расчета показателей состояния и нечетких выводов и базы знаний. Программный интерфейс API-взаимодействия состоит из базы данных, в которой хранятся собранные и обработанные данные пользователя, модулей настройки входных данных, обработки и подготовки собранных данных пользователя. Подсистема сбора данных пользователя состоит из модулей сбора окулографических данных, данных об эмоциональном состоянии и характеристик деятельности. Архитектура системы оценки состояния человека приведена на рис. 1.

Модель взаимодействия ПО и компонентов системы оценки состояния человека приведена на рис. 2, архитектура базы данных — на рис. 3.

Для оценки состояния человека в процессе работы за компьютером разработана подсистема сбора данных, независимая от ПО. Подсистема сбора данных использует веб-камеру для перехвата видеопотока в процессе деятельности пользователя за компьютером. Процесс сбора данных пользователя приведен на рис. 4.

Подсистема сбора реализована на языке Python. Для определения лица и черт пользователя используются библиотеки OpenCV и Mediarpipe. Распознавание эмоций реализовано с помощью библиотеки Face expression

recognition (FER). В библиотеку передается изображение лица пользователя, результатом работы является эмоция с наибольшим весом и ее вес. В библиотеке распознаются следующие эмоции: «Злость» (Angry), «Отвращение» (Disgust), «Страх» (Fear), «Счастье» (Happy), «Грусть» (Sad), «Удивление» (Surprise), «Нейтральное состояние» (Neutral).

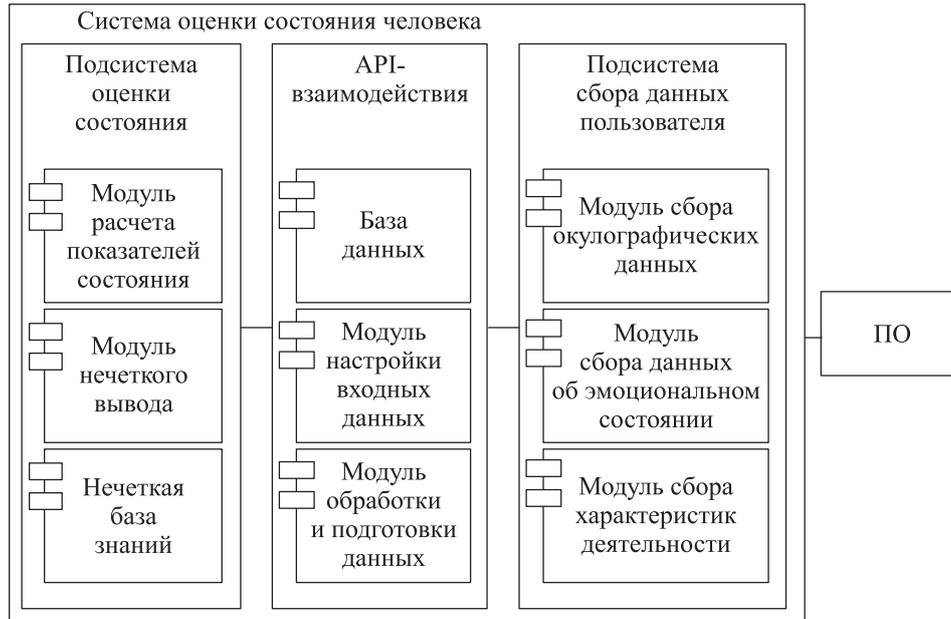


Рис. 1. Архитектура системы оценки состояния человека

Евклидово расстояние по вертикали:

$$d_v = \sqrt{(x_t - x_b)^2 + (y_t - y_b)^2}, \quad (7)$$

где  $(x_t, y_t)$  — точка на верхнем веке;  $(x_b, y_b)$  — точка на нижнем веке.

Евклидово расстояние по горизонтали:

$$d_h = \sqrt{(x_r - x_l)^2 + (y_r - y_l)^2}, \quad (8)$$

где  $(x_r, y_r)$  — правый угол века;  $(x_l, y_l)$  — левый угол века.

Соотношение сторон глаза можно записать как отношение евклидовых расстояний по вертикали и горизонтали:

$$e = \frac{d_v}{d_h}. \quad (9)$$

Подсистема сбора данных находится на стадии тестирования. По результатам тестирования будет проведена доработка подсистемы.

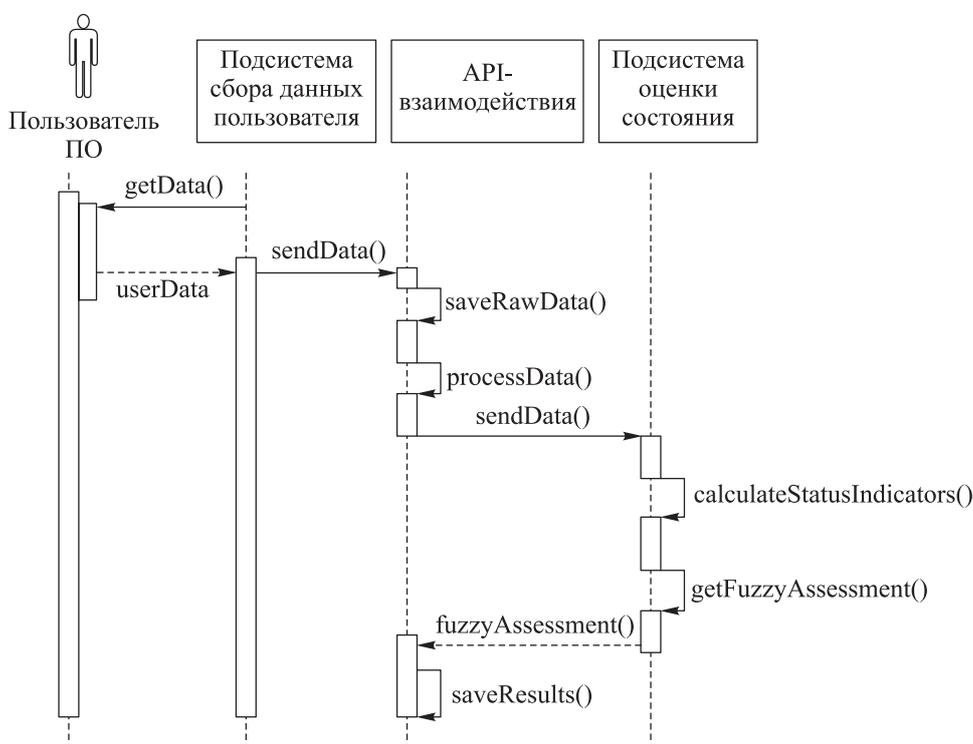


Рис. 2. Модель взаимодействия ПО и компонентов системы оценки состояния человека

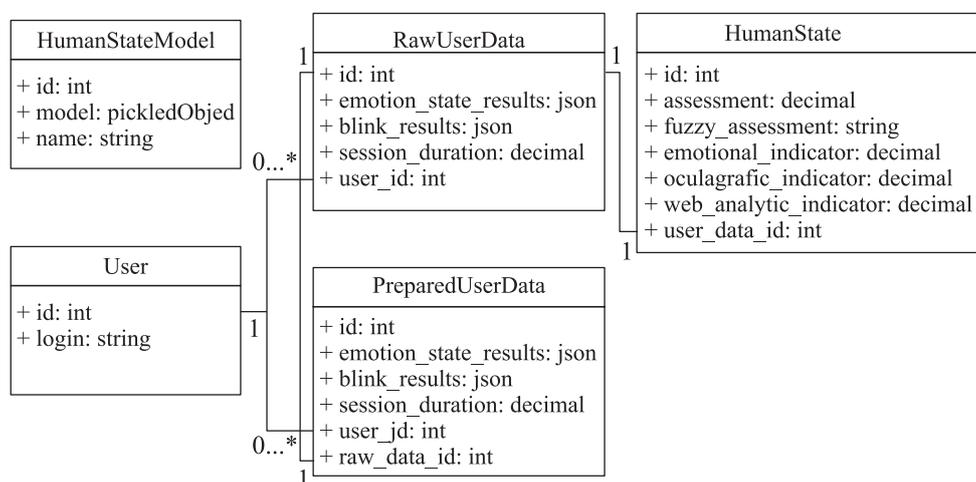


Рис. 3. Архитектура базы данных

Для фиксации одного моргания реализован алгоритм распознавания моргания (рис. 5) на основе евклидова расстояния [21], по которому рассчитывается соотношение сторон глаза. Схематичное расположение точек глаза приведено на рис. 6.

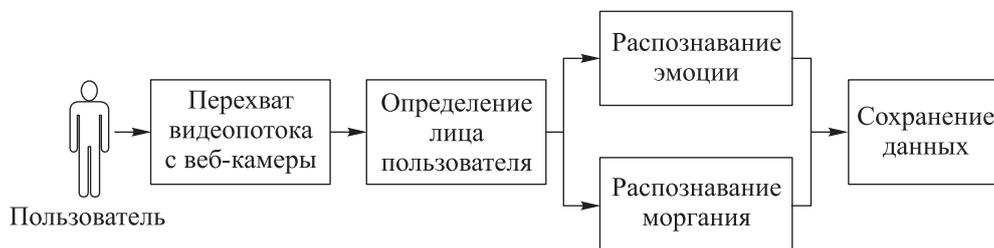


Рис. 4. Процесс сбора данных пользователя



Рис. 5. Алгоритм распознавания моргания

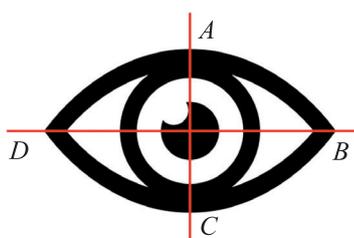
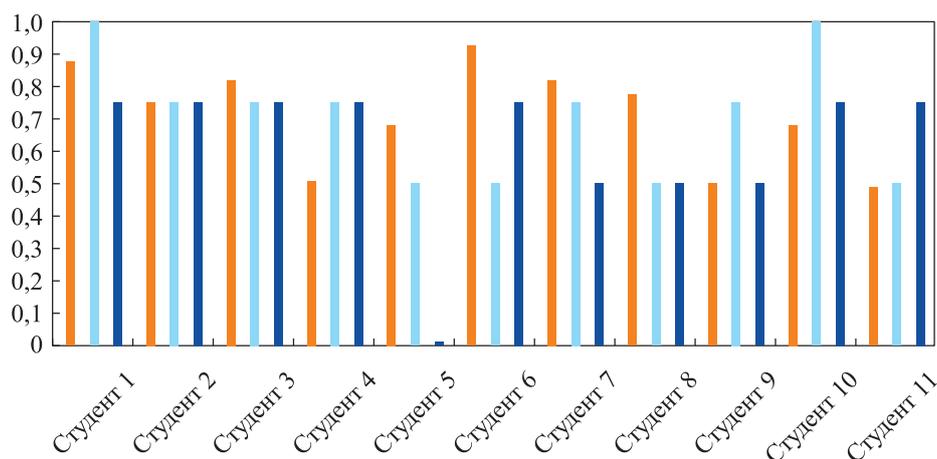


Рис. 6. Схематичное расположение точек глаза:  
 $A - (x_t, y_t)$ ;  $B - (x_r, y_r)$ ;  $C - (x_b, y_b)$ ;  
 $D - (x_l, y_l)$

**Результаты.** Для апробации предложенного метода оценки состояния человека проведена серия экспериментов, цель которых — определить степень согласованности оценок, получаемых системой, с оценками внешних наблюдателей и самих пользователей (самооценкой). Для этого создано приложение, которое собирает информацию о пользователе в процессе его взаимодействия с этим приложением и передает ее системе оценки состояния. Система собирает окулографические данные и информацию о распознавании эмоций во время взаимодействия пользователя с приложением, а после окончания сессии определяет состояние каждого участника эксперимента. Полученные оценки состояния соотносятся с самооценкой и оценками внешних наблюдателей. Оценки состояния человека, выполненные пользователем (студентом) и внешним наблюдателем с помощью комбинированного метода, приведены на рис. 7. Видно, что 62,8 % оценок, выполненных комбинированным методом, совпали с оценками внешних наблюдателей и пользователей (самооценками).



**Рис. 7.** Оценка состояния человека комбинированным методом (■), пользователем (самооценка) (■), внешним наблюдателем (■)

В результате эксперимента выявлено, что заданные значения нечетких переменных позволяют получать оценки состояния человека, непротиворечащие оценкам самих пользователей или внешних наблюдателей. Таким образом, оценка состояния комбинированным методом указывает на более высокую степень доверия к результатам оценки, чем по каждому показателю в отдельности.

**Заключение.** Предложен метод автоматизированной оценки функционального состояния человека на основе окулографических данных и данных об эмоциональном состоянии, собираемых в процессе деятельности

человека. Описана концепция интеллектуальной системы оценки функционального состояния человека, в которой при сборе данных используется веб-камера для захвата видеопотока пользователя во время выполнения им любого действия на компьютере. Для оценки состояния используются окулографические данные и изображение лица человека. В качестве окулографических данных, применяемых для оценки состояния человека, используются данные о частоте моргания, которые можно собирать с помощью веб-камеры без применения специального оборудования. Разработана подсистема сбора данных как отдельный модуль, который не зависит от ПО, используемого человеком в процессе его деятельности.

В рамках дальнейших исследований будет расширен набор оцениваемых состояний человека в процессе деятельности и модифицированы показатели оценки, что позволит повысить степень доверия к результатам оценки состояния человека с применением разработанной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Исакова М. Основные методы оценки своего функционального состояния и способы его регуляции. *Армейский сборник*, 2021.  
URL: <https://army.ric.mil.ru/Stati/item/336128>
- [2] Хватова М.В. Функциональное состояние человека как интегральная характеристика. *Вестник Тамбовского университета. Сер. Гуманитарные науки*, 2008, № 3, с. 22–27. EDN: ISDCPD
- [3] Левитов Н.Д. О психических состояниях человека. М., Просвещение, 1964.
- [4] Holdener M., Gut A., Angerer A. Applicability of the user engagement scale to mobile health. A survey-based quantitative study. *JMIR mHealth and uHealth*, 2020, vol. 8, no. 1, art. e13244. DOI: <https://doi.org/10.2196/13244>
- [5] O'Brien H.L., Cairns P., Hall M. A practical approach to measuring user engagement with the refined user engagement scale (UES) and new UES short form. *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, 2018, vol. 112, pp. 28–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.01.004>
- [6] Воронина А.А., Шабалина О.А., Садовникова Н.П. и др. Система комбинированной оценки вовлеченности пользователей программного обеспечения. *Вестник компьютерных и информационных технологий*, 2023, т. 20, № 1, с. 35–44.  
DOI: <https://doi.org/10.14489/vkit.2023.01.pp.035-044>
- [7] Распопин Е.В. Методы изучения и оценки психических состояний. *Известия Уральского федерального университета. Сер. 1: Проблемы образования, науки и культуры*, 2016, т. 22, № 4, с. 129–137. EDN: XDZCAB
- [8] Voronina A., Guriev V., Moffat D.C., et al. Models and methods for processing heterogeneous data for assessing the state of a human. In: *Creativity in intelligent technologies and data science*. Cham, Springer Nature, 2023, pp. 488–499.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-44615-3\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-031-44615-3_34)

- [9] Herten N., Otto T., Wolf O.T. The role of eye fixation in memory enhancement under stress — an eye tracking study. *Neurobiol. Learn. Mem.*, 2017, vol. 140, pp. 134–144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2017.02.016>
- [10] Sharafi Z., Sharif B., Guéhéneuc Y. Eye-tracking metrics in software engineering. *APSEC*, 2015, pp. 96–103. DOI: <https://doi.org/10.1109/APSEC.2015.53>
- [11] Poole A., Ball L.J. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: current status and future prospects. In: *Encyclopedia of human computer interaction*. Hershey, IGI Global, 2006, pp. 211–219.
- [12] Ranti C., Jones W., Klin A., et al. Blink rate patterns provide a reliable measure of individual engagement with scene content. *Sc. Rep.*, 2020, vol. 10, art. 8267. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64999-x>
- [13] Maffei A., Angrilli A. Spontaneous eye blink rate: an index of dopaminergic component of sustained attention and fatigue. *Int. J. Psychophysiol.*, 2018, vol. 123, no. 1, pp. 58–63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.11.009>
- [14] Haak M., Bos S., Panic S., et al. Detecting stress using eye blinks and brain activity from EEG signals. *Proc. DCII 2008*, 2009, pp. 35–60.
- [15] Fritz T., Begel A., Müller S.C., et al. Using psycho-physiological measures to assess task difficulty in software development. *ICSE*, 2014, pp. 402–413. DOI: <https://doi.org/10.1145/2568225.2568266>
- [16] Zhen L., Yun X., Yao P., et al. A novel physiological feature selection method for emotional stress assessment based on emotional state transition. *Front. Neurosci.*, 2023, vol. 17, art. 1138091. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1138091>
- [17] Du J., Huang J., An Y., et al. The relationship between stress and negative emotion: the mediating role of rumination. *Clin. Res.*, 2018, vol. 4. DOI: <https://doi.org/10.15761/CRT.1000208>
- [18] Rodríguez-Muñoz A., Antino M., Ruiz-Zorrilla P., et al. Positive emotions, engagement, and objective academic performance: a weekly diary study. *Learn. Individ. Differ.*, 2021, vol. 92, art. 102087. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2021.102087>
- [19] Diener E., Thapa S., Tay L. Positive emotions at work. *Annu. Rev. Organ. Psychol. Organ. Behav.*, 2020, vol. 7, pp. 451–477. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-012119-044908>
- [20] Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М., Горячая линия–Телеком, 2007.
- [21] Koshti P., Paryani A., Talreja J., et al. AttenQ — attention span detection tool for online learning. *Proc. ICICC*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4096416>

**Воронина Ангелина Андреевна** — аспирантка кафедры «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» ВолгГТУ (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, д. 28).

**Шабалина Ольга Аркадьевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования» ВолгГТУ (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, д. 28).

**Садовникова Наталья Петровна** — д-р техн. наук, профессор кафедры «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» ВолгГТУ (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, д. 28).

**Гурьев Владислав Витальевич** — аспирант кафедры «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» ВолгГТУ (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, д. 28).

**Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:**

Воронина А.А., Шабалина О.А., Садовникова Н.П. и др. Метод автоматизированной оценки функционального состояния человека. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2025, № 4 (153), с. 61–77. EDN: LKROFB

**THE METHOD OF AUTOMATED ASSESSMENT  
OF THE FUNCTIONAL STATE OF A PERSON**

**A.A. Voronina**  
**O.A. Shabalina**  
**N.P. Sadovnikova**  
**V.V. Guryev**

angelina.vaa@gmail.com  
o.a.shabalina@gmail.com  
npsn1@yandex.ru  
vladgurjev@mail.ru

**VSTU, Volgograd, Russian Federation**

---

**Abstract**

The assessment of the functional state of a person can be used to optimize production processes, allocate labor resources, determine the appropriate physical and neuropsychic stress, increase neuropsychic stability and carry out preventive measures against various diseases. The purpose of the article is to consider approaches to assessing the functional state of a person, the data used to assess the condition and the methods of their collection. The metrics of the human condition and the ways of their interpretation in the context of such aspects of the condition as engagement and stress are described. A method of automated assessment of the condition is proposed as a convolution of indicators determined on the basis of heterogeneous data collected in the course of human activity, which allows taking into account various aspects of the condition and increasing the degree

**Keywords**

*Intellectual system, functional state, condition assessment, condition assessment method, oculographic data, emotional state, condition assessment indicator*

of confidence in the results of its assessment. Due to the complexity of interpreting and integrating heterogeneous data, a generalized assessment of the state is carried out using a fuzzy inference mechanism. The architecture of an intelligent system is presented, including a subsystem for assessing the state, an application programming interface (API) and a subsystem for data collection. A subsystem for collecting data from a user working at a computer is being developed. The directions of further research related to the expansion of the set of assessed human conditions and the modification of assessment indicators are determined

Received 10.10.2024

Accepted 12.06.2025

© Author(s), 2025

---

## REFERENCES

- [1] Isakova M. Basic methods for assessing your functional state and ways to regulate it. *Armeyskiy sbornik*, 2021 (in Russ.). Available at: <https://army.ric.mil.ru/Stati/item/336128>
- [2] Khvatova M.V. Functional condition of a person as integral characteristic. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Ser. Gumanitarnye nauki* [Tambov University Review. Ser. Humanities], 2008, no. 3, pp. 22–27 (in Russ.). EDN: ISDCPD
- [3] Levitov N.D. О psikhicheskikh sostoyaniyakh cheloveka [On human mental states]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1964.
- [4] Holdener M., Gut A., Angerer A. Applicability of the user engagement scale to mobile health. A survey-based quantitative study. *JMIR mHealth and uHealth*, 2020, vol. 8, no. 1, art. e13244. DOI: <https://doi.org/10.2196/13244>
- [5] O'Brien H.L., Cairns P., Hall M. A practical approach to measuring user engagement with the refined user engagement scale (UES) and new UES short form. *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, 2018, vol. 112, pp. 28–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.01.004>
- [6] Voronina A.A., Shabalina O.A., Sadovnikova N.P., et al. User engagement combined assessment system. *Vestnik kompyuternykh i informatsionnykh tekhnologiy* [Herald of Computer and Information Technologies], 2023, vol. 20, no. 1, pp. 35–44 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14489/vkit.2023.01.pp.035-044>
- [7] Raspopin E.V. Methods of study and evaluation of mental states. *Izvestiya Uralskogo federalnogo universiteta. Ser. 1: Problemy obrazovaniya, nauki i kultury* [Izvestia Ural Federal University Journal. Ser. 1. Issues In Education, Science and Culture], 2016, vol. 22, no. 4, pp. 129–137 (in Russ.). EDN: XDZCAB
- [8] Voronina A., Guriev V., Moffat D.C., et al. Models and methods for processing heterogeneous data for assessing the state of a human. In: *Creativity in intelligent technologies and data science*. Cham, Springer Nature, 2023, pp. 488–499. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-44615-3\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-031-44615-3_34)

- [9] Herten N., Otto T., Wolf O.T. The role of eye fixation in memory enhancement under stress — an eye tracking study. *Neurobiol. Learn. Mem.*, 2017, vol. 140, pp. 134–144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2017.02.016>
- [10] Sharafi Z., Sharif B., Guéhéneuc Y. Eye-tracking metrics in software engineering. *APSEC*, 2015, pp. 96–103. DOI: <https://doi.org/10.1109/APSEC.2015.53>
- [11] Poole A., Ball L.J. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: current status and future prospects. In: *Encyclopedia of human computer interaction*. Hershey, IGI Global, 2006, pp. 211–219.
- [12] Ranti C., Jones W., Klin A., et al. Blink rate patterns provide a reliable measure of individual engagement with scene content. *Sc. Rep.*, 2020, vol. 10, art. 8267. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64999-x>
- [13] Maffei A., Angrilli A. Spontaneous eye blink rate: an index of dopaminergic component of sustained attention and fatigue. *Int. J. Psychophysiol.*, 2018, vol. 123, no. 1, pp. 58–63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.11.009>
- [14] Haak M., Bos S., Panic S., et al. Detecting stress using eye blinks and brain activity from EEG signals. *Proc. DCII 2008*, 2009, pp. 35–60.
- [15] Fritz T., Begel A., Müller S.C., et al. Using psycho-physiological measures to assess task difficulty in software development. *ICSE*, 2014, pp. 402–413. DOI: <https://doi.org/10.1145/2568225.2568266>
- [16] Zhen L., Yun X., Yao P., et al. A novel physiological feature selection method for emotional stress assessment based on emotional state transition. *Front. Neurosci.*, 2023, vol. 17, art. 1138091. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1138091>
- [17] Du J., Huang J., An Y., et al. The relationship between stress and negative emotion: the mediating role of rumination. *Clin. Res.*, 2018, vol. 4. DOI: <https://doi.org/10.15761/CRT.1000208>
- [18] Rodríguez-Muñoz A., Antino M., Ruiz-Zorrilla P., et al. Positive emotions, engagement, and objective academic performance: a weekly diary study. *Learn. Individ. Differ.*, 2021, vol. 92, art. 102087. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2021.102087>
- [19] Diener E., Thapa S., Tay L. Positive emotions at work. *Annu. Rev. Organ. Psychol. Organ. Behav.*, 2020, vol. 7, pp. 451–477. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-012119-044908>
- [20] Shtovba S.D. Proektirovanie nechetkikh sistem sredstvami MATLAB [Designing fuzzy systems using MATLAB]. Moscow, Goryachaya liniya–Telekom Publ., 2007.
- [21] Koshti P., Paryani A., Talreja J., et al. AttenQ — attention span detection tool for online learning. *Proc. ICICC*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4096416>

**Voronina A.A.** — Post-Graduate Student, Department of Digital Technologies in Urbanism, Architecture and Construction, VSTU (Lenina prospekt 28, Volgograd, 400005 Russian Federation).

**Shabalina O.A.** — Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Computer-Aided and Search Engine Design Systems, VSTU (Lenina prospekt 28, Volgograd, 400005 Russian Federation).

**Sadovnikova N.P.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Digital Technologies in Urbanism, Architecture and Construction, VSTU (Lenina prospekt 28, Volgograd, 400005 Russian Federation).

**Guryev V.V.** — Post-Graduate Student, Department of Digital Technologies in Urbanism, Architecture and Construction, VSTU (Lenina prospekt 28, Volgograd, 400005 Russian Federation).

**Please cite this article in English as:**

Voronina A.A., Shabalina O.A., Sadovnikova N.P., et al. The method of automated assessment of the functional state of a person. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Instrument Engineering*, 2025, no. 4 (153), pp. 61–77 (in Russ.). EDN: LKROFB