

# РЕГИСТРАЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЮДЕЙ С РАССТРОЙСТВОМ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ДЛЯ ОБЪЕКТИВИЗАЦИИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ

## REGISTER PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF PEOPLE WITH ASD TO THE OBJECTIFICATION OF EMOTIONAL STATE

A. Zhuravleva  
A. Alpatov

### Annotation

In this paper we analyzed the problems of people with autism spectrum disorder. Failure to understand the emotional state of autism parents and doctors leads to treatment failure, inability to adapt children in society. The described method and algorithm for tracking the emotional state will allow for greater efficiency correction techniques. Continuous monitoring of physiological data in real time will help to objectively assess the state of autism. The results of the testing method.

**Keywords:** autism spectrum disorder, pulsogram, EEG, emotional state, autism, socialization.

**Журавлева Арина Рифатовна**

Аспирант, Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань

**Алпатов Алексей Викторович**

К.т.н., доцент, Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань,

Каф. микро- и нанозлектроники

### Аннотация

В данной работе проанализированы проблемы людей с расстройством аутистического спектра. Непонимание эмоционального состояния аутистов родителями и врачами приводит к неэффективности терапии, невозможности адаптировать детей в социуме. Описанный метод и алгоритм отслеживания эмоционального состояния позволит добиться большей эффективности коррекционных методик. Постоянный контроль по физиологическим данным в режиме реального времени поможет объективно оценивать состояние аутистов. Приведены результаты апробации метода.

### Ключевые слова:

Расстройство аутистического спектра, пульсограмма, ЭЭГ, эмоциональное состояние, аутизм, социализация.

## Введение

Аутизм постепенно превращается в глобальную медицинскую проблему, решение которой направлено на облегчение участи больных детей и их родителей. По данным Центра по контролю и профилактике заболеваний в России один ребенок-аутист приходится на 68 новорожденных детей [1].

Аутизм – это пожизненное нарушение развития, которое влияет на коммуникацию и отношения с другими людьми, а также на восприятие и понимание окружающего мира. Человек с аутизмом неспособен почувствовать состояние другого человека или оценить его действия, а также показать свое эмоциональное состояние социуму [1, 3].

Исследования эффективности применения программ ранней коррекции подтвердили значительные достижения в улучшении поведения и когнитивного функционирования детей с аутизмом. В результате ранней идентификации и раннего вмешательства отмечаются сокра-

щения аутистической симптоматики, улучшение развития, интеллектуального функционирования, улучшение общения со сверстниками. В условиях своевременного начала коррекции большинство аутичных детей могут обучаться в общеобразовательной школе, нередко обнаруживая одаренность в отдельных областях знаний, искусства [2].

Несмотря на то, что расстройства аутистического спектра изучаются давно, точная причина появления заболевания не выявлена. Все данные, полученные различными томографическими исследованиями, предполагают, что дисфункция мозга при аутизме не имеет специфической мозговой локализации. Перспективные направления исследований функциональных расстройств мозга при аутизме связаны с изучением потенциала установления связности, целью которого является определение последствий патологического процесса по получению целостной информации. Результаты этих исследований достаточно противоречивы – точно не установлена стадия обработки информации в цепи потенциала установления связности, на которой преимущественно обна-

руживаются аномалии в ростральной передаче электроимпульсов, в последующей передаче, или в дальнейшей деятельности по связи импульсов. Большинство исследований потенциала установления связности отмечают наличие аномалий на довольно поздней стадии обработки информации – приблизительно 300 мс. Также отмечаются патологически большие реакции внимания – 100 мс – после визуального сигнала и трудности в обработке стимулов, когда они предъявлялись пределах 100 мс [3].

Это объясняет сложность интерпретации опекунами и врачами потребностей и интересов ребенка. Терапия аутиста носит субъективный характер из-за полного отсутствия вербальной и эмоциональной коммуникации[4]. Поэтому целью данных исследований является определение возможной организации обратной связи, позволяющей информировать социум о фактическом эмоциональном состоянии людей с РАС в удобной для восприятия форме и в режиме реального времени.

Метод определения эмоционального состояния у людей с РАС

По теоретически разработанной психофизиологами методике исследования самыми достоверными и надежными критериями определения эмоциональных состояний на сегодняшний день являются соматические и вегетативные критерии: электроэнцефалограмма (ЭЭГ), частота сердечных сокращений (ЧСС)[1,3]. Проведено экспериментальное исследование с целью сопоставления электроэнцефалографических и легко измеряемых физиологических параметров с биологическими стимулами.

Среднюю ЧСС предлагается использовать в качестве показателя общей активации – увеличение активации приводит к увеличению ЧСС.

Использование медицинских приборов для регистрации физиологических параметров у аутистов является затруднительным, так как их реакция может быть неоднозначной, что приведет к искажению данных. Поэтому для возможности регистрации ЧСС у людей с РАС целесообразно использование более адаптированных устройств. На рис. 1 изображен наручный браслет, оснащенный автономным питанием и беспроводным каналом передачи цифровых данных, что позволяет использовать его непрерывно для реализации обратной связи с минимальным стрессом для аутиста.

Эмоциональное состояние также отражается в изменении функциональных параметров в определенных структурах мозга, что отражается в динамике его электрических потенциалов, которые регистрировались с помощью беспроводного датчика ЭЭГ Mind Wave фирмы NeuroSky (рис. 2). По мнению психологов, наибольшую



Рисунок 1 - Опытный образец браслета для регистрации ЧСС.



Рисунок 2 - Bluetooth-датчик регистрации ЭЭГ Mind Wave.

сложность эксперимента представляет снятие данных ЭЭГ, так как ввиду особенностей аутисты тяжело переживают непосредственное крепление прибора. Но в виду минимального контакта Mind Wave с кожей испытуемого, задача снятия ЭЭГ у людей с РАС упрощается.

Наиболее отчетливые и общепринятые внешние воздействия коррелируют с динамикой амплитуды потенциалов в альфа-диапазоне ЭЭГ (8–13Гц), регистрируемых в лобно-центральной отведении [1].

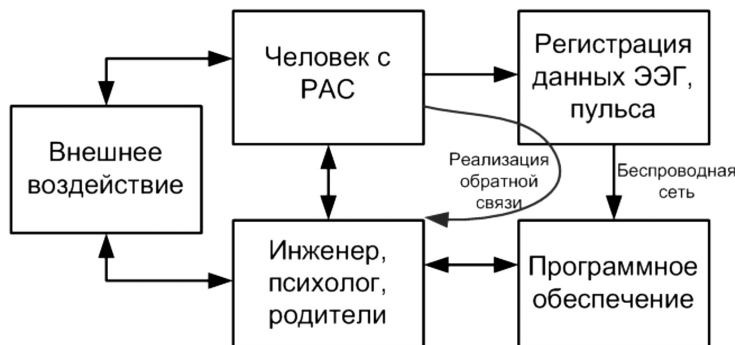


Рисунок 3 - Схема реализации обратной связи.

На рис. 3 изображена общая структурная схема реализации обратной связи в виде беспроводной системы, передающей в режиме реального времени данные об эмоциональном состоянии людей с расстройством аутистического спектра врачам, педагогам, родителям и инженеру для последующего анализа.

Для предварительной отладки данного комплекса была разработана и реализована методика синхронной регистрации пульса, ЭЭГ, видеозаписи реакции испытуемых в ответ на визуальное воздействие. Исследуется локальные экстремумы 1-ой производной кривой ритма пульса в многомасштабном пространстве, триангулярный индекс, перераспределение спектральной мощности ритма сердца, а также перераспределение спектральной мощности сигнала ЭЭГ в альфа-диапазоне. Все параметры передаются на ПК для обработки в режиме реального времени.

Основу предлагаемого метода анализа ЧСС и ЭЭГ составляет линейное гауссово масштабируемое пространство. В основе концепции масштабирования лежит использование гауссовой функции вида:

$$f(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} \quad (1)$$

где параметр  $\mu$  – математическое ожидание, а параметр  $\delta$  – стандартное.

В одномерном случае построение масштабируемого пространства определяется сверткой с гауссианой вида:

$$\Phi[f(x'), x, \delta] = \frac{1}{2\sqrt{\pi}\delta} \int_{-\infty}^{\infty} f(x') \exp\left(-\frac{(x-x')^2}{4\delta^2}\right) dx' \quad (2)$$

где  $f(x)$  – исходный сигнал (например, ритмограмма, ЭЭГ),  $\delta$  – стандартное отклонение (фактически масштаб сглаживания).

По сути своей построение масштабируемого пространства представляет собой операцию разложения исходного сигнала в семейство постепенно сглаживаемых, упрощающихся версий сигнала.

Пример такого разложения показан на рис. 4.

Используя эту технологию, мы получаем семейство сглаженных кривых, которые можно применить в качестве индикатора интенсивности эмоционального состояния на нужных нам масштабах [1].

Очевидно, что имеет смысл выбирать только те масштабы, на которых эмоциональный отклик имеет наибольшую амплитуду. Чем меньше масштаб (меньше параметр  $\delta$ ), тем больше мы получаем локальных всплесков, чем больше масштаб, тем таких всплесков становится меньше.

В данном случае имеет смысл анализировать только те точки, максимумы которых проходят через максимальное количество масштабов от малых к большим. Соединяя точки максимумов, образуется скелетон и цветовая карта масштабируемого пространства.

Также представляется правомерным откинуть все масштабы, максимумы которых обрываются на некотором уровне, который можно задавать. Для реализации данного подхода использовался алгоритм максимумов модулей масштабируемого пространства.

После построения скелетона и выделения на них точек максимумов, на ритмограмме откладываются и помечаются маркерами соответствующие им по временной оси точки (рис. 5).

Отмеченные маркеры показывают моменты ритмограммы, где интенсивность аффекта была максимальна на предложенном масштабе. Количественное значение амплитуды максимума показывает степень длительности аффекта.

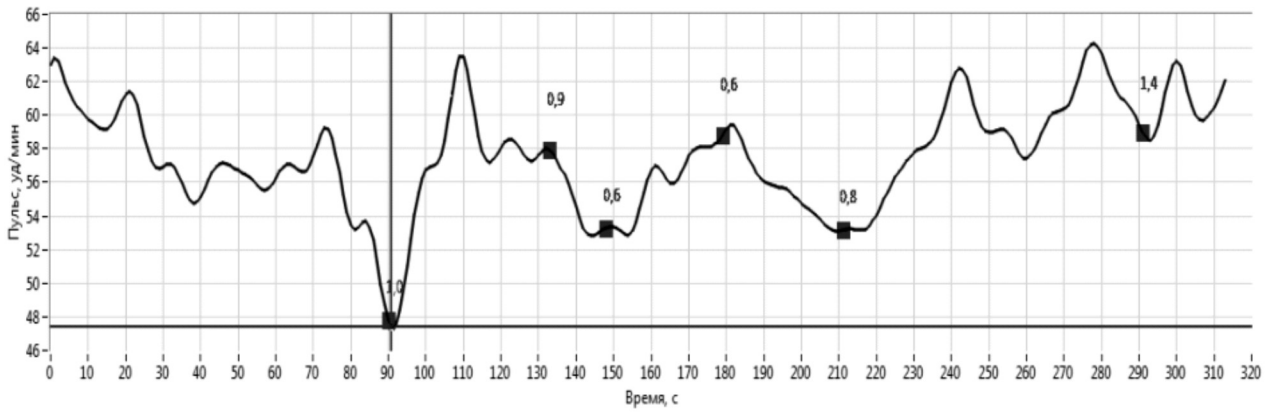


Рисунок 4 - Пример многомасштабной свертки сигнала с гауссовой функцией.

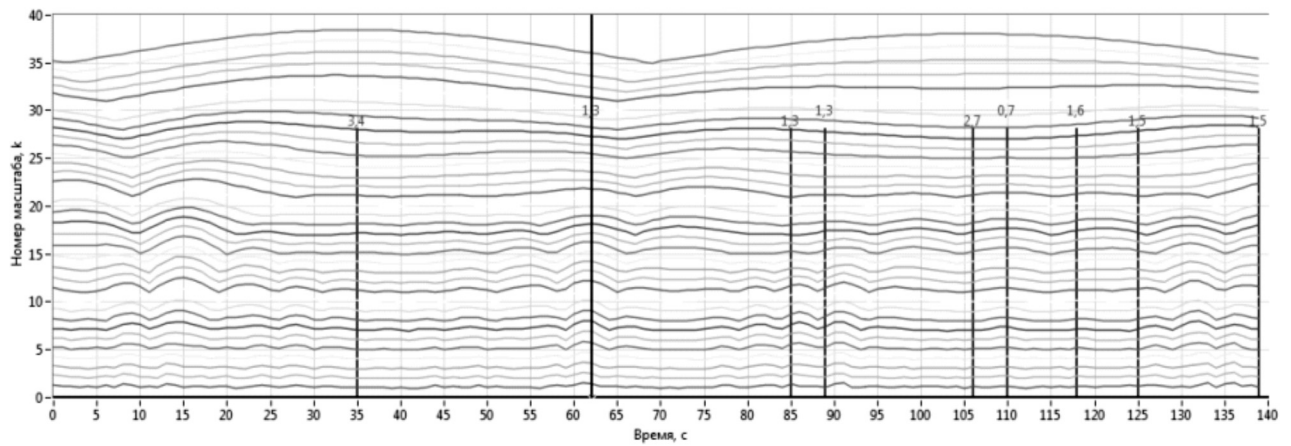


Рисунок 5 - Ритмограмма испытуемого с отмеченными маркерами аффективных состояний.

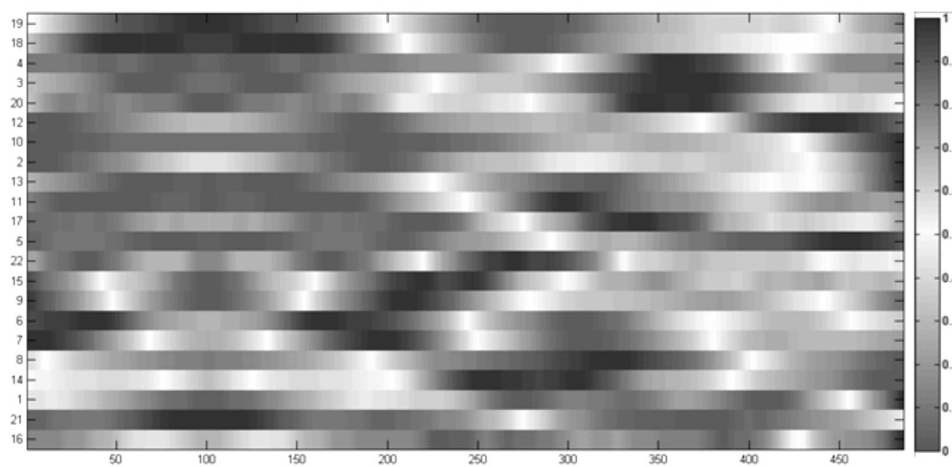


Рисунок 6 - Двумерные карта распределения эмоционального состояния во время просмотра одного короткометражного фильма.

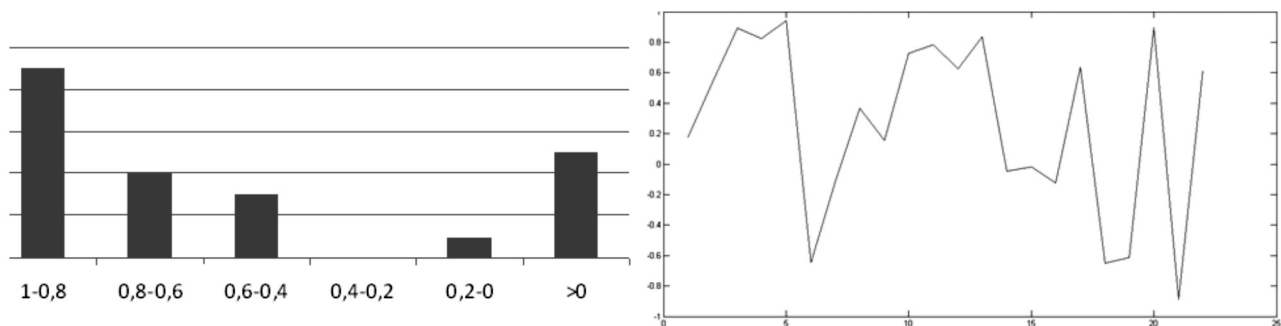


Рисунок 7 -Корреляционная зависимость изменения эмоционального состояния между участниками эксперимента.

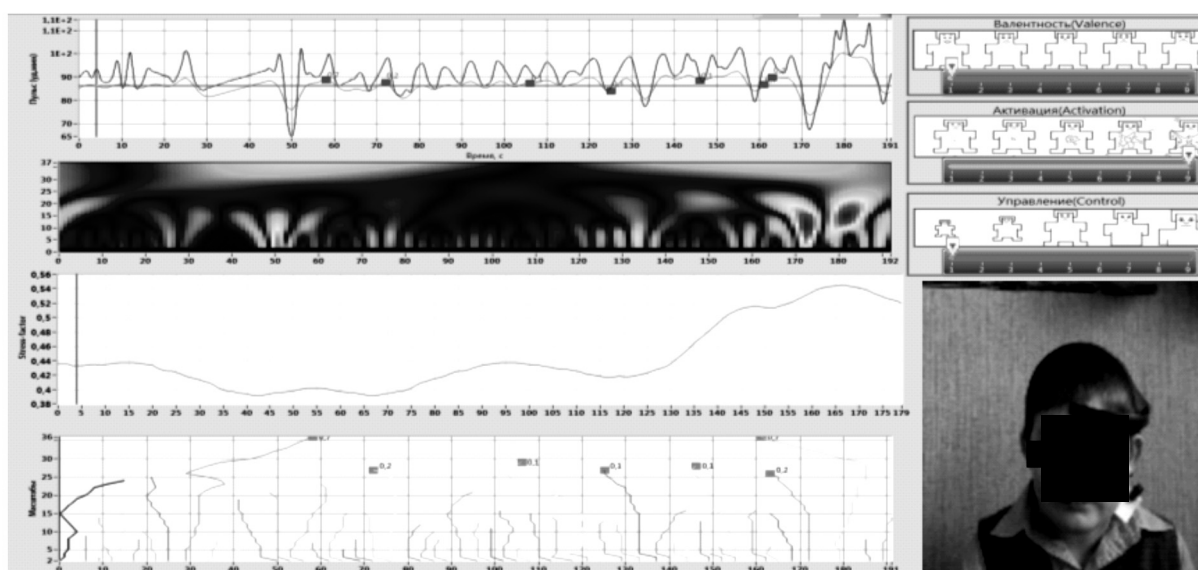


Рисунок 8 - Рабочее окно при получении данных эмоционального состояния ребенка-аутиста в ответ на стимул.

### Апробация метода

Для апробации данного метода в лабораторных условиях проводились эксперименты с участием 22 человек, средний возраст которых составил 27 лет. Работа проводилась на базе бизнес-инкубатора ФГБОУ ВПО "РГРТУ". Каждый участник эксперимента посмотрел 4 короткометражных фильма, и одновременно с просмотром была произведена регистрация его параметров ритма сердца, электроэнцефалограммы и видеозаписи лица.

Аналогичные распределения были получены и по остальным исследованиям. Схожее эмоциональное воздействие подтверждается корреляционной зависимостью.

У абсолютного большинства участников исследований коэффициент корреляции стремится к 1.

При вовлечении зрителя в сюжет его ритм сердца совпадает с кривой интенсивности драматургического сюжета и можно предположить, что зрители реагируют на одни сцены, но с разной скоростью.

В аналогичном эксперименте была исследована эмоциональная реакция ребенка-аутиста А., 12 лет. Психологическое обследование проводилось в сопровождении психолога, знающего проблему аутизма и особенности аутичных людей, с применением соответствующих возрасту и уровню развития тестов (рис. 8).

Необходимо было оценить уровень интеллектуального (вербального и невербального) развития; оценить нейрорепсихологическое функционирование (моторные и психомоторные навыки, память визуальную и слуховую, ориентацию в пространстве, компенсаторные стратегии и т.д.). В соответствии с данными выводами в качестве внешнего стимула был выбран мультфильм "Lego".

Соотнесение результатов электроэнцефалограммы и физиологических данных при воздействии активных стимулов позволило изучить невербальную реакцию аутиста на воздействие окружающей среды.

Эта эмоциональная информация реализована в визуализированном программном обеспечении и может использоваться в качестве обратной связи для обучения и понимания эмоциональной жизни людей с РАС, фокусируясь на внутренних факторах, индивидуальной специфике каждого аутичного ребенка или взрослого.

## Вывод

Проекция сложных физиологических процессов, протекающих в организме человека и отражающих его функциональное состояние, полностью отражает его эмоциональное состояние. Таким образом, зарегистрирована эмоциональная реакция ребенка с РАС, спроецированная в соответствии с физиологическими процессами, в ответной реакции на стимулы.

Родители и педагоги оценить вербально минимальные изменения состояния не могут, а чувствуют лишь "крайние" состояния [4]. И хотя не существует специальной "терапии для аутистов" и всё же в ходе лечения могут быть проведены весьма эффективные мероприятия и достигнуты значительные успехи. Важно, что терапия всегда должна быть долгосрочной, сопровождая пациента всю его жизнь, и родители в ней были задействованы в большей степени [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алпатов А.В., Симошева А.Р. Разработка и исследование методов и технических средств для социальной адаптации детей с расстройством аутистического спектра (РАС). Санкт-Петербург. Тезисы конференции. 2014 г.
2. Didem Gokcay and Gulsen Yildirim. Affective Computing and Interaction: Psychological, Cognitive and Neuroscientific Perspectives. Hershey, New York. 2011.
3. Dissertation. Psychophysiological analysis of affective states in human-computer interaction for children with autism spectrum disorders. KarlaConnWelch. Nashville, Tennessee. 2009.
4. Elysa J. Marco, Leighton B.N. Hinkley, Susanna S. Hill, Srikanth S. Nagarajan. Sensory Processing in Autism: A Review of Neurophysiologic Findings. Pediatric Research, Vol. 69, No. 5, Pt. 2, 2011

© А.Р. Журавлева, А.В. Алпатов, ( a9156289527@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

Рязанский государственный радиотехнический университет

