

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕНСОРНЫХ СТИМУЛОВ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА

ДЕНИСОВА Д.М

УДК 159.9.072.59

Денисова Д.М. Методы исследования воздействия сенсорных стимулов на психофизиологическое состояние человека.

Аннотация. Данная статья является обзором наиболее современных запатентованных неинвазивных психометрических методов, принадлежащих зарубежным авторам. Рассмотренные методы позволяют определять специфику и степень воздействия сенсорных стимулов на психологическое состояние человека путем регистрации физиологических изменений, соответствующих тому или иному состоянию. Методы классифицированы по группам физиологических показателей, выбранным исследователями в качестве информативных признаков, свидетельствующих о том или ином эмоциональном состоянии испытуемых.

Ключевые слова: психофизиология, психометрия, сенсорный стимул, вегетативная реакция, электрическая активность мозга, дистанционная диагностика.

Denisova D.M. Methods of investigating the influence of sensory stimuli on human psychophysiological state.

Abstract. This article is a review of most recent patented non-invasive psychometric methods by foreign authors. The reviewed articles allow to define the specificity and the extent of influence of sensory stimuli on human psychological state by recording the physiological changes that correspond with certain states. The methods are classified by physiological indices chosen by the researchers as informative signs that indicate certain emotional states of test subjects.

Keywords: psychophysiology, psychometry, sensory stimulus, vegetative response, electrical brain activity, remote diagnostics.

1. Введение. Поведение человека во многом определяется сенсорными сигналами, получаемыми им из внешнего мира. Даже если тот или иной сигнал не является сигналом к действию, он непременно находит отражение в эмоциональной сфере, которая играет оценочную роль при обработке человеком информации. По этой причине изучение влияния сенсорных, в частности, аудиовизуальных, стимулов на психофизиологическое состояние человека – перспективная область исследований как с теоретической, так и с практической точки зрения. Выявление однозначных связей между конкретными стимулами и реакциями позволит получить более точные знания об устройстве эмоциональной сферы человека и, следовательно, возможность создавать методы прогнозирования его поведения по физиологическим проявлениям, например,

заблаговременного предупреждения о риске ошибки оператора или выявления лиц с угрожающими обществу намерениями.

Данная статья является обзором существующих неинвазивных методов экспериментального изучения психофизиологической реакции на сенсорные стимулы. В ней рассматриваются различные подходы зарубежных исследователей к сопоставлению физиологических реакций и различных эмоциональных состояний, а также техническое обеспечение методов. Цель статьи – систематизировать имеющиеся подходы, оценить их сильные и слабые стороны для того, чтобы проводить разработку новых методик наиболее корректно. Поскольку существует великое множество способов предъявления стимулов и регистрации реакции, задача статьи – классифицировать методы по группам информативных признаков, выбранным в исследовании.

2. Измерение активности головного мозга. Ряд исследователей выбрал в качестве наиболее информативного признака активность участков головного мозга, отвечающих за эмоциональные реакции. Преимущества такого подхода в том, что, в отличие от внешних поведенческих проявлений, мозговая активность труднее поддается сознательному контролю. При соответствующих инструкциях сознательное влияние человека на активность отдельных участков его мозга возможно [9], но в отсутствии специальных указаний мозговые процессы будут протекать наиболее естественным для испытуемого в данной ситуации образом. Классическим способом регистрации мозговой активности является электроэнцефалография.

Недостатки этого подхода заключаются в том, что требуется прикрепление к испытуемому датчиков. Это исключает возможность скрытого наблюдения и делает поведение испытуемого менее естественным. Исследователями были созданы следующие методы, включающие в себя аудиовизуальную стимуляцию и регистрацию мозговой активности:

1. Audio-visual entrainment (AVE), аудио-визуальная тренировка головного мозга. Согласно теории разработчиков, посредством стимуляции посредством предъявления стимула в виде пульсирующих световых и звуковых сигналов можно индуцировать изменение фазы активности головного мозга. Мозг реагирует на подачу таких стимулов ускорением или замедлением своей работы в ритм им. Предлагается применять этот метод для улучшения функциональных свойств головного мозга [6, 10]. В частности, данный метод был

- использован для подавления страха у пациентов стоматолога, лечения сезонного аффективного расстройства (зимней депрессии), повышения уровня внимания и когнитивных способностей.
2. Метод детекции лжи посредством измерения активности головного мозга. Испытуемым предлагалось когнитивное задание, в котором возможно было совершать или не совершать обман. В ходе выполнения этого задания осуществлялся аппаратный контроль электрической активности головного мозга. Согласно гипотезе автора, у индивидов, совершающих обман, имеются специфические паттерны изменений когнитивной активности мозга, отличающиеся от паттернов «правдивых» индивидов. Обнаружение таких паттернов позволяет выявить обман [3].
 3. Метод определения фазы мозговой активности. Данный метод позволяет получать картины электрической активности головного мозга для последующего их сопоставления с целью выявить корреляции с поведением, настроением, уровнем умственного тонуса и внимания. Исследование осуществляется посредством записи ЭЭГ и расчета «порогового значения амплитуды напряжения». Метод предоставляет исследователю возможность подавать сенсорный стимул испытуемому при определенной фазе мозговой активности и таким образом повышать чистоту эксперимента, учитывая состояние мозга при анализе его реакции. [1]
 4. Метод изучения влияния стрессовой ситуации на активность мозга. Ученые из Trust Centre for Neuroimaging, UCL провели эксперимент, в ходе которого испытуемым предлагалось сыграть в компьютерную игру «Пакман», где персонаж убегает от преследователя по лабиринту. Каждый раз, когда преследователь достигал персонажа, испытуемые получали слабый болевой стимул. В ходе игры при помощи функциональной магнитно-резонансной томографии измерялась активность головного мозга. Выяснилось, что в стрессовой ситуации мозговая активность человека изменяется по мере приближения угрозы. Пока угрожающий объект находится достаточно далеко, наиболее активна префронтальная кора, отвечающая за сложное стратегическое планирование. Когда угроза приближается, активность

- мгновенно смещается в район, окружающий водопровод мозга и отвечающий за примитивные реакции нападения, бегства или замирания. Чем более сильный болевой стимул предвидится, тем более ярко выражен этот сдвиг [12].
5. Метод исследования влияния эмоциональной окраски стимулов на активность мозга. Louis A. Schmidt и Laurel J. Trainor провели эксперимент, участникам которого были предъявлены стимулы в виде 60-секундных выдержек из музыкальных произведений, предположительно вызывающих следующие эмоции:
- 1) С. Прокофьев, «Петя и волк» - интенсивно-отрицательные (страх);
 - 2) И. С. Бах, Бранденбургский концерт №5 – интенсивно-положительные (радость);
 - 3) А. Вивальди, «Весна» - спокойно-положительные (счастье);
 - 4) С. Бардер, «Адажио» - спокойно-отрицательные (грусть). Испытуемые были проинструктированы о важности для исследования переживаемых эмоций. Посредством ЭЭГ измерялась электрическая активность головного мозга; датчики были закреплены на левом и правом фронтальных и парietальных участках кожи головы. Выяснилось, что при предъявлении положительных (радостных, веселых) эмоциональных стимулов регистрируется преобладание активности левой фронтальной области мозга; при предъявлении отрицательных (грустных, пугающих) стимулов преобладает активность правой фронтальной области. В состоянии депрессии активность правой фронтальной области мозга повышена, а левой - заторможена, препятствуя восприятию положительных эмоциональных стимулов [4].
6. Исследование влияния вызывающих отвращение стимулов на активность головного мозга. Посредством использования РЕТ и системы психофизиологического мониторинга МР-100 были выявлены изменения лимбической активации в ответ на вызывающие отвращение визуальные стимулы [5]. Полученные результаты подтверждает также работа Philippe R. Goldin [9], который экспериментально исследовал влияние выбора той или иной стратегии на активность головного мозга. Как известно, существуют две основные стратегии волевой регуляции отрицательных эмоций: когнитивная

переоценка и подавление внешних проявлений. Были набраны 2 группы здоровых женщин, которым предъявили короткие видеоролики, содержащие как эмоционально нейтральные, так и негативные (вызывающие отвращение) стимулы. Одной группе была дана инструкция использовать стратегию когнитивной переоценки, другой – стратегию подавления внешних проявлений эмоций. В процессе выражения лиц испытуемых записывались на видео; кроме того, испытуемые должны были дать оценку интенсивности собственных эмоций в тот или иной момент. Активность головного мозга испытуемых измерялась посредством функциональной магнитно-резонансной томографии. Выяснилось, что каждая из двух стратегий имеет характерную картину мозговой активности. При когнитивной переоценке мгновенно активируется префронтальная кора, затем тормозится деятельность амигдалы и островковой доли – участков, отвечающих за эмоциональные реакции. При подавлении внешних проявлений участок префронтальной коры, отвечающий за торможение моторных реакций, активируется с задержкой; активность амигдалы и островковой доли усиливается. Таким образом, если испытуемый сосредоточен на подавлении внешних проявлений своих эмоций, интенсивность его переживаний увеличивается

3. Измерение вегетативных показателей. Эмоции зачастую вызывают у людей специфические вегетативные реакции, например, учащение пульса или усиление потоотделения. Поэтому традиционным направлением в психометрических экспериментах является выбор в качестве информативных признаков вегетативных показателей – частоты сердечных сокращений (ЧСС), кожно-гальванической реакции (КГР) и других. Они могут применяться как совместно с измерением мозговой активности, так и отдельно. Вегетативные реакции столь же трудно поддаются сознательному контролю, если человек не прошел специальной тренировки, однако для измерения большей их части требуется закрепление датчиков, что, опять же, влияет на поведение испытуемого.

Следующие методы исследования психофизиологических реакций включают в себя измерение вегетативных показателей:

1. Система за авторством Tuvі Orbach, предназначенная для дистанционного измерения физиологических показателей. Система состоит из сенсора, считывающего один или

- несколько физиологических параметров (датчика КГР, ЭКГ, плетисмографа и/или пьезоэлектрического сенсора), одного или нескольких беспроводных передатчиков (протоколы Bluetooth, WiFi, Wireless Lan) и монитора, на который поступают данные. Система используется при выполнении следующих задач: а) определение стандартных физиологических показателей испытуемого, б) исследование физиологических ответов на визуальные стимулы, вызывающие различные по интенсивности и окраске эмоции (интенсивно-отрицательные, спокойно-отрицательные, – интенсивно-положительные, спокойно-положительные), в) исследование состояния испытуемого с применением его субъективной оценки эмоционального состояния.
2. Проект HiMotion. Данный проект посвящен изучению взаимодействия человека и компьютера. Были созданы протоколы приема сигнала от испытуемого и алгоритмы его обработки. В ходе эксперимента когнитивный стимул предъявлялся 25 испытуемым при помощи компьютера. Полученные психофизиологические данные были сведены в базу. Были собраны данные по следующим показателям: ЭЭГ, ЭКГ, КГР, кровяное давление [11].
 3. Исследование эмоционального состояния пользователей персонального компьютера. Исследование было произведено при помощи покрытия из электромеханической пленки на стуле, являющегося сенсором, позволяющим определить ЧСС. Применялась аудиовизуальная стимуляция с экрана компьютера. В результате предъявления стимульного материала испытуемым были выявлены существенные изменения в ЧСС [8].
 4. Компьютерная детекция эмоциональных реакций у человека. Авторы разработали систему приборов и программного обеспечения, позволяющую получить оценку эмоционального состояния испытуемого при предъявлении ему стимульного материала. В состав системы входят:
 - 1) устройство, подающее аудиовизуальные стимулы определенной продолжительности,
 - 2) датчики, измеряющие физиологические переменные (ЧСС, КГР, мышечный тонус),

3) программное обеспечение, позволяющее анализировать данные посредством перевода их в единый балл и постановления диагноза в соответствии с полученным баллом,

4) компьютер для хранения данных и вывода семантического описания [2].

4. Регистрация произвольных движений тела. Данная группа методов представляет наибольший интерес, поскольку регистрировать произвольные движения, будь то микровибрации или неконтролируемые движения голосовых связок в результате стресса, можно без помощи прикрепления датчиков. Эта группа методов пригодна для скрытого наблюдения за испытуемым. Тем не менее, в отличие от двух предыдущих групп, где связь между физиологическими и психологическими проявлениями очевидна благодаря исторически накопившимся данным, это новое направление требует тщательной экспериментальной проверки. В данной группе можно выделить следующие методы:

1. Дистанционная сетевая биометрия. Согласно теории разработчиков, каждому пользователю присущ уникальный паттерн движения курсора в процессе взаимодействия с веб-страницей. Сбор и сопоставление паттернов различных испытуемых позволит создать программу для идентификации пользователя по движению курсора. Был составлен следующий алгоритм обработки данных:
 - 1) Считывание посредством специального модуля;
 - 2) Выделение отличительных черт;
 - 3) Выбор отличительных черт;
 - 4) Параметрическое обучение;
 - 5) Статистическая классификация последовательностей [11].
2. Система определения намерений посредством анализа изображения. Данная система имаджинга позволяет анализировать не только пространственные, но и спектральные (например, изменения цвета кожи в результате эмоциональных реакций) данные [13].
3. Метод распознавания эмоций по голосу. Метод включает следующие шаги: ввод голосового сигнала, анализ скорости, интенсивности и интонационного паттерна, вывод оценки эмоциональной окраски. Паттерны голоса сопоставляются с мерой выраженности основных эмоций на лице [7].

5. Заключение. На основе анализа источников можно сделать следующие выводы о состоянии развития данной методологической области:

1. Все рассмотренные методики основаны на измерении одной из трех выделенных групп информативных признаков.
2. Выделены следующие группы: электрическая активность головного мозга, вегетативная активность организма и произвольны
3. Наиболее активно ведется исследование изменений активности головного мозга в ответ на аудиовизуальные стимулы. Методы, включающие в себя измерение мозговой активности, применяются для определения эмоциональной реакции чаще прочих.
4. На втором месте по популярности среди исследователей - измерение ЧСС, КГР и других традиционно применяющихся в оценке эмоционального фона показателей.
5. Наиболее перспективные из всех рассмотренных, не требующие прикрепления датчиков методики регистрации произвольных движений встречаются относительно редко ввиду их новизны и недостаточной апробированности.

Таким образом, для создания корректной методики, позволяющей регистрировать эмоциональное состояние людей вне лаборатории, требуются тщательные исследования, сопоставляющие результаты контактных и дистанционных психометрических измерений.

Литература:

1. *Kruglikov S., Schiff S.* Phase and state dependent eeg and brain. / [Электронный ресурс]: PatentDocs imaging. URL: <http://www.faqs.org/patents/app/20090062676>
2. Emotional response analyzer system with multimedia display / [Электронный ресурс]: FreePatentsOnline, 2004–2009. URL: <http://www.freepatentsonline.com/5676138.html>
3. Farwell L. METHOD FOR PSYCHOPHYSIOLOGICAL DETECTION OF DECEPTION THROUGH BRAIN FUNCTION ANALYSIS / [Электронный ресурс]: BigPatents India, 2009. URL: <http://india.bigpatents.org/view/9292/344e779600c>
4. *Louis A. Schmidt and Laurel J. Trainor.* Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions. *Cognition and Emotion*, 2001, 15 (4), 487–500
5. *Liberzon I., Taylor S. F., Fig L., Decker L. R., Koeppe R. A. and Minoshima S.* Limbic Activation and Psychophysiologic Responses to Aversive Visual Stimuli: Interaction with Cognitive Task // *NEUROPSYCHOPHARMACOLOGY*, 2000, VOL. 23, NO. 5 / [Электронный ресурс]: URL: <http://www.nature.com/npp/journal/v23/n5/full/1395565a.html>

6. Siever D. The Rediscovery of Audio-Visual Entrainment. C.E.T.: 1997. / [Электронный ресурс]: URL: www.mindalive.com/2_0/ch6.pdf.
7. US Patent 7340393 – Emotion recognizing method, sensibility creating method, device, and software / [Электронный ресурс]: 2004-2009 PatentStorm URL: <http://www.patentstorm.us/patents/7340393/claims.html>
8. *Anttonen J., Surakka V.* Emotions and heart rate while sitting on a chair // Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. New York, NY: ACM, 2005. Pp: 491-499. / [Электронный ресурс]: URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1055040>
9. *Philippe R. Goldin, Kateri McRae, Wiveka Ramel, James J. Gross.* The Neural Bases of Emotion Regulation: Reappraisal and Suppression of Negative Emotion. *Biological Psychiatry*, Volume 63, Issue 6 (March 15, 2008)
10. Volition Knowledge Base / [Электронный ресурс]: 2008 Volition Thought House. URL: <http://www.vth.biz/kb/index.php?category=1>
11. Networks and Multimedia / [Электронный ресурс]: IT – Instituto de Telecomunicações. URL: http://www.it.pt/area_p_3.asp.
12. When Fear is Near: Threat Imminence Elicits Prefrontal-Periaqueductal Gray Shifts in Humans. *Dean Mobbs et al. Science* 317, 1079 (2007)
13. Image Analysis for Personnel Intent / [Электронный ресурс]: Zyn Systems - Sequim Washington. URL: <http://www.zyn.com/sbir/sbres/sbir/dod/army/army092-034.htm> (6 мая 2009).

Денисова Дарья Михайловна — м.н.с. лаборатории биомедицинской информатики Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область научных интересов: психометрия, прогнозирование человеческого поведения. Число научных публикаций — 2. dendm@spiiras.ru; ЛБМИ СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-5411, факс +7(812)328-4450.

Denisova Daria Mikhailovna — junior researcher, Laboratory of Biomedical Informatics, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). Research interests: psychometrics, human behavior prognosing. The number of publications — 2. dendm@spiiras.ru; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-5411, fax +7(812)328-4450.