



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

A61B 5/0476 (2006.01)

(52) СПК

A61B 5/0476 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.12.2018)

(21)(22) Заявка: 2018107126, 26.02.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.02.2018

Дата регистрации:  
18.12.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.02.2018

(45) Опубликовано: 18.12.2018 Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: ГАЛАШЕВА З.В. и др.  
Соотношение психонейрофизиологических  
показателей и уровня интрелейкина-6 и  
интрелейкина-10 в крови у подростков,  
проживающих на европейском севере,  
Материалы 7 Международной научно-  
практической конференции, Инновации в  
медицине, психологии и педагогике,  
Вьетнам, Муй Нэ, 27 апреля-7 мая 2015  
года, Новосибирск 2016, с. 17-21.

БЕХТЕРЕВ В.М. Внутренне и его роль в  
общественной жизни, СПб: Издание  
К.Л.Риккера, 1908, с. 1-145. RU 2441585 C1,  
10.02.2012. US 4955388 A, 11.09.1990. А.Е.  
РУННОВА и др. Исследование восприятия  
куба Неккера по многоканальным данным  
ЭЭГ человека: оценка и динамика  
изгостотных компонент с учётом  
пространственного распределения, Ученые  
записки физического факультета 6, 2016,  
166906-1-4. Т.И. ПАШУКОВА и др.

Исследование концентрации внимания,  
Практикум по общей психологии: учебное  
пособие для студентов педагогических  
вузов. - М.: Издательство "Институт  
практической психологии", 1996.

Адрес для переписки:

410054, г. Саратов, ул. Политехническая,  
77, СГТУ имени Гагарина Ю.А., Патентно-  
лицензионный отдел ЦТТ, Наумовой Е.В.

(72) Автор(ы):

Бадарин Артем Александрович (RU),  
Максименко Владимир Александрович  
(RU),  
Руннова Анастасия Евгеньевна (RU),  
Храмов Александр Евгеньевич (RU),  
Писарник Александр Николаевич (ES)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Саратовский  
государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А."  
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.) (RU)

(54) Способ определения уровня концентрации внимания по временным данным  
электроэнцефалограмм

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, а именно к цифровой обработке и анализу данных электроэнцефалограмм, и может быть использовано для определения уровня концентрации внимания по временным данным электроэнцефалограмм. Способ характеризуется тем, что операторам предъявляют неоднозначные изображения куба Неккера с различными значениями контрастностей граней на короткий период времени, каждый из которых длится от 1,0 до 1,5 секунд, с помощью датчиков регистрируют сигнал ЭЭГ и в блоке частотно-временного анализа осуществляют непрерывное вейвлетное преобразование; для каждого предъявления анализируют изменения энергий в альфа- и бета-диапазонах частот на 1-секундном интервале перед предъявлением и в момент предъявления стимула; в блоке расчета контрольной характеристики выделяют два вида событий: событие классифицируют как акт сосредоточения на стимуле при расположении максимальной составляющей вейвлетного спектра до предъявления стимула в альфа-диапазоне, а в момент предъявления в бета-диапазоне; событие классифицируют как акт рассредоточения при расположении максимальной составляющей вейвлетного спектра до предъявления стимула в бета-диапазоне, а в момент предъявления в альфа-диапазоне, затем уровень концентрации внимания определяют как разницу между усредненным по всем каналам ЭЭГ количеством данных событий. Изобретение обеспечивает достоверное детектирование паттернов электрической активности головного мозга, связанных со способностью оператора концентрироваться на поставленной задаче в режиме реального времени, а также оценку уровня концентрации оператора на решении когнитивных задач. 2 ил.

Изобретение относится к цифровой обработке и анализу данных и предназначено для обработки многоканальных электроэнцефалограмм (ЭЭГ) с целью определения уровня концентрации внимания. В частности, изобретение может быть эффективно использовано в решении различных психолого-медицинских задач. Например, в реализации системы высшего образования изобретение может использоваться в профориентационных тестированиях, как методика объективного определения способности человека сохранять концентрацию внимания. Подобные методики могут быть востребованы в рамках психологической помощи в постстрессорных расстройствах как дополнения, а в ряде случаев - и замены дорогостоящей и крайне длительной психотерапии. Также изобретение может быть полезно для разработки современных систем тренинга сохранения высокой работоспособности специалистов, задействованных в таких опасных и социально значимых отраслях, как

пилотируемые воздушные средства транспорта, обеспечение безопасности и т.д.

Уровень внимания является одной из наиболее важных характеристик когнитивных процессов мозга. От текущего уровня внимания во многом зависит успешность и эффективность операторской деятельности, в которой присутствует информационная нагрузка. Поэтому в условиях повышенной ответственности за результаты работы при высокой значимости ошибок необходимо учитывать уровень внимания. Так, например, при работе с электронными средствами обучения или при работе авиационных пилотов высокий уровень непроизвольного внимания может привести к тому, что посторонние стимулы будут постоянно отвлекать от решаемой задачи, снижая продуктивность работы в целом. Поэтому важно, чтобы активация непроизвольного внимания была скомпенсирована высоким уровнем концентрации внимания, то есть умением концентрироваться на решаемой задаче. Таким образом, объективное определение уровня концентрации внимания является важной практической задачей.

При оценке уровня внимания обычно используют стандартные психологические тесты, в которых о различных характеристиках внимания судят по количеству ошибок распознавания последовательностей предъявляемых стимулов (Психологическое тестирование интенсивности и избирательности внимания

<http://www.effecton.ru/46.html>. Психологическое тестирование интенсивности

внимания <http://www.effecton.ru/39.html>, тест Горбова-Анфимова

<http://www.effecton.ru/161.html>). Существенным недостатком данных тестов является их субъективность и неоднозначность интерпретации. Качество деятельности, оцениваемое в этих тестах, кроме уровня внимания зависит от множества иных факторов - навыка выполнения тестов, вербальных и арифметических навыков и т.п., что делает психологические тесты ненадежными при массовом применении.

Известен способ определения уровня внимания, в котором тест на внимание дополняют системой отслеживания взгляда (W0 2008129356). Устройство отслеживания взгляда и другие датчики собирают информацию о движении глаз и/или другие физиологические свойства, которые позволяют наблюдать и анализировать эмоциональное и визуальное внимание субъекта. Уровень концентрации внимания определяют по длительности фиксации взгляда на разных элементах предъявляемого изображения системой отслеживания движений глаз. Известно, что человек может останавливать взгляд на объекте без концентрации на нем. Такое событие будет обрабатываться системой, как ошибочное определение концентрации внимания, что является существенным недостатком данного способа.

Наиболее близким к заявляемому способу является "способ оценки уровня внимания оператора при компьютерном тестировании" (RU 2441585 C1) Оператору предъявляют тестовые задания на выполнение весточной сенсорной реакции, отличающиеся между собой типом стимула и длительностью межстимульного интервала. Вычисляют коэффициенты зависимости среднего времени реакции от межстимульного интервала. Оценку характеристик внимания делают по попаданию значений полученных коэффициентов в заданные интервалы. Недостатком данного метода является его сильная зависимость от скорости реакции на стимул, а также необходимость моторной реакции.

Для устранения указанных недостатков предлагается способ определения уровня концентрации внимания по временным данным электроэнцефалограмм. Описанные выше методики не позволяют детектировать активность мозга, отвечающую за способность концентрировать внимание.

Техническая проблема настоящего изобретения заключается в необходимости разработки универсального способа, позволяющего в режиме реального времени достоверно детектировать и интерпретировать характерные паттерны электрической активности головного мозга, связанные со способностью оператора концентрироваться на поставленной задаче.

Техническим результатом заявляемого способа определения уровня концентрации внимания по временным данным электроэнцефалограмм является возможность достоверного детектирования паттернов электрической активности головного мозга, связанных со способностью оператора концентрироваться на поставленной задаче, в режиме реального времени, а также оценка уровня концентрации оператора на решении когнитивных задач.

Предлагаемый способ поясняется чертежами: на Фиг. 1 изображена схематическая иллюстрация экспериментальной установки: записи ЭЭГ полученные с помощью электроэнцефалографического регистратора Enecephalan-EEGR-19/26 (Medicom MTD, Россия); Записи доступны в режиме реального времени с помощью специальной библиотеки от MedicomMTD с частотой дискретизации 250 Гц. На Фиг. 2. (а) - изображены временные записи ЭЭГ, иллюстрирующие характерные изменения при предъявлении визуальных стимулов. Различные сегменты записи ЭЭГ обозначены I, II, III и соответствуют, интервалу времени в 1 сек, предшествующему представлению куба (до восприятия), интервалу 1 сек наблюдения куба (восприятия) и 1-сек после наблюдения куба (после восприятия). На Фиг. 2. (б) - Представлена контрольная характеристика, определяющая уровень концентрации внимания в реальном времени.

В качестве стимулов для определения концентрации внимания человека используются так называемые неоднозначные изображения, например, кубы Неккера [W. Einhäuser, K. A. C. Martin, P. König Are switches in perception of the Necker cube related to eye positio // European Journal of Neuroscience. 2004. Vol. 10. №20. P. 2811-2818.]. Куб Неккера с прозрачными гранями и видимыми ребрами воспринимается как трехмерный объект из-за определенного вида контрастности ребер. Бистабильность или неоднозначность восприятия заключается в интерпретации этого трехмерного объекта, ориентируемого на две разные стороны - влево или вправо. Авторами обнаружено, что мозг может обрабатывать визуальные стимулы подобного рода в двух различных сценариях. В первом сценарии восприятие характеризуется разрушением альфа-волн (8-12 Гц) и увеличением высокочастотного (бета) активности (20-30 Гц). Данным сценарий соответствует случаю, когда оператор сосредоточен на предъявляемом стимуле в виде неоднозначного изображения и распознает одно из его значений (в случае куба Неккера - это ориентация вправо или влево). Во втором сценарии бета-ритм недостаточно выражен, а энергия альфа-волн остается неизменной. Этот сценарий соответствует случаю рассредоточенности оператора на предъявляемом стимуле.

Операторам предъявляют изображения куба Неккера с различными контрастами граней на короткий период, каждый из которых длится от 1,0 до 1,5 секунд, и следующие за ними фоновые абстрактные изображения, отображаемые 5,0 секунд. Испытуемому дают указание мысленно интерпретировать проекции, наблюдаемой на каждой демонстрации. Использование фоновых изображений позволяет нейтрализовать возможные негативные вторичные эффекты, которые могут возникнуть после восприятия предъявляемого изображения куба Неккера [Leopold DA, Wilke M, Maier A, Logothetis NK. Stable perception of visually ambiguous patterns. Nature Neuroscience 2002 Jun; 5(6):605-609.]. В это время с помощью датчиков регистрируют электрическую активность мозга (Фиг. 1).

В блоке частотно-временного анализ производят вейвлет преобразования (см. формулу 1). Вейвлет-спектр сигналов ЭЭГ рассчитывают с использованием плавающего окна длиной 2 сек в диапазоне от 4 Гц до 30 Гц:

$$W_n(f, t) = \sqrt{f} \int_{t-2}^{t+2} X_n(t) \psi^*(f, t) dt \quad (1)$$

где  $n=1 \dots N$  номер ЭЭГ канала ( $N=5$  общее число каналов используемых для анализа).

Далее в блоке расчета контрольной характеристики каждое событие (см. Фиг. 2 (а)) анализируют отдельно в альфа- и бета-диапазонах частот на 1-секундном интервале перед предъявлением и в момент предъявления стимула. В момент предъявления стимула инициируют расчет. В результате этого рассчитываются значения  $A_I$ ,  $A_{II}$ ,  $B_I$ ,  $B_{II}$  для каждого предъявления как:

$$A_{I,II} = \sum_{n=1}^N \int_{t \in I,II} \xi^n(t) dt', \text{ где } \xi^n(t') = \begin{cases} 1, & \text{если } f_{max}^n \in \Delta f_{\alpha} \\ 0, & \text{если } f_{max}^n \notin \Delta f_{\alpha} \end{cases} \quad (2)$$

$$B_{I,II} = \sum_{n=1}^N \int_{t \in I,II} \xi^n(t) dt', \text{ где } \xi^n(t') = \begin{cases} 0, & \text{если } f_{max}^n \in \Delta f_{\beta} \\ 1, & \text{если } f_{max}^n \notin \Delta f_{\beta} \end{cases} \quad (3)$$

где  $N=5$  - количество каналов ЭЭГ, а  $f_{max}^n$  - положение максимальной

спектральной составляющей.

Далее полученные значения усредняются по всем каналам и нескольким предъявлениям, а контрольная характеристика  $G(t)$ , отвечающая за уровень концентрации, рассчитывается как

$$G(t) = \frac{(< A_I > - < A_{II} >) + (< B_{II} > - < B_I >)}{2}$$

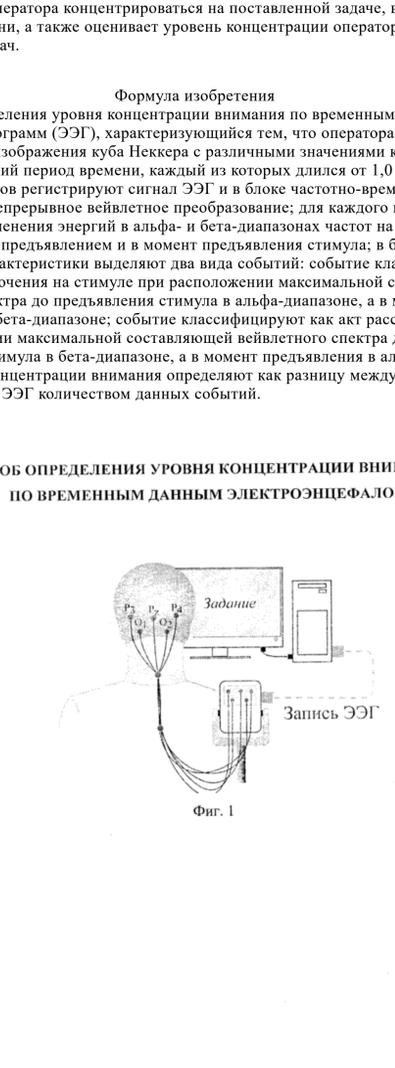
На Фиг. 2 (б) приведен фрагмент контрольной характеристики, полученной в ходе эксперимента и иллюстрирующей изменение уровня концентрации внимания. Отметим, что в промежутке между 30 и 60 секундами наблюдается резкий спад уровня концентрации внимания, обусловленный внешними отвлекающими воздействиями на оператора.

Таким образом, предлагаемый способ определения уровня концентрации внимания по временным данным электроэнцефалограмм позволяет возможность достоверного детектирования паттернов электрической активности головного мозга, связанных со способностью оператора концентрироваться на поставленной задаче, в режиме реального времени, а также оценивает уровень концентрации оператора на решении когнитивных задач.

Формула изобретения

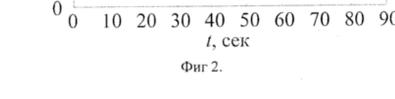
Способ определения уровня концентрации внимания по временным данным электроэнцефалограмм (ЭЭГ), характеризующийся тем, что операторам предъявляют неоднозначные изображения куба Неккера с различными значениями контрастностей граней на короткий период времени, каждый из которых длится от 1,0 до 1,5 секунд, с помощью датчиков регистрируют сигнал ЭЭГ и в блоке частотно-временного анализа осуществляют непрерывное вейвлетное преобразование; для каждого предъявления анализируют изменения энергий в альфа- и бета-диапазонах частот на 1-секундном интервале перед предъявлением и в момент предъявления стимула; в блоке расчета контрольной характеристики выделяют два вида событий: событие классифицируют как акт сосредоточения на стимуле при расположении максимальной составляющей вейвлетного спектра до предъявления стимула в альфа-диапазоне, а в момент предъявления в бета-диапазоне; событие классифицируют как акт рассредоточения при расположении максимальной составляющей вейвлетного спектра до предъявления стимула в бета-диапазоне, а в момент предъявления в альфа-диапазоне, затем уровень концентрации внимания определяют как разницу между усредненным по всем каналам ЭЭГ количеством данных событий.

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВНИМАНИЯ ПО ВРЕМЕННЫМ ДАННЫМ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ



Фиг. 1

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВНИМАНИЯ ПО ВРЕМЕННЫМ ДАННЫМ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ



Фиг. 2.