



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A61B 6/02 (2025.01); G01N 21/359 (2025.01); G06N 3/02 (2025.01); G06F 3/01 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2024116108, 11.06.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
11.06.2024Дата регистрации:  
24.03.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.06.2024

(45) Опубликовано: 24.03.2025 Бюл. № 9

Адрес для переписки:

308015, г.Белгород, ул. Победы, 85, НИУ  
"БелГУ", Токтарева Татьяна Михайловна

(72) Автор(ы):

Афонин Андрей Николаевич (RU),  
Самандари Али Мирдан (IQ)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Белгородский государственный  
национальный исследовательский  
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

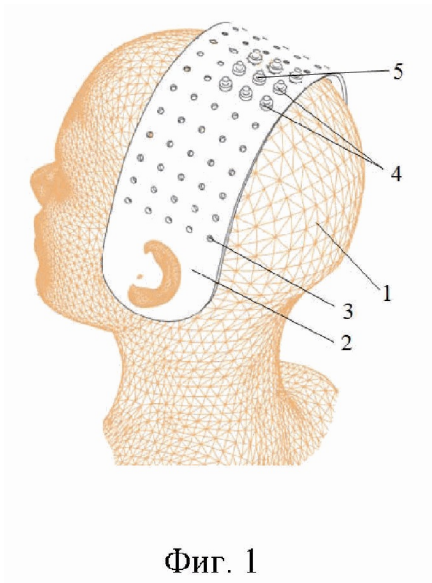
о поиске: US 8583565 B2, 12.11.2013. US  
2024148304 A1, 09.05.2024. US 5187672 A,  
16.02.1993. WO 2018222282 A2, 06.12.2018. US  
2011291158 A1, 01.12.2011. US 2023271007 A1,  
31.08.2023. WO 2018068013 A1, 12.04.2018. RU  
2550545 C2, 10.05.2015.

(54) Способ управления бионическими протезами с использованием интерфейса мозг-компьютер

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, а именно к способу управления бионическими протезами с использованием интерфейса мозг-компьютер на основе спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне. При этом осуществляют предварительное картирование коры головного мозга. Устанавливают зоны мозговой активации. Надевают эластичную шапочку-ленту (2) с отверстиями (3), в которые над зоной мозговой активации устанавливают четыре LED излучателя (4) с длинами излучаемой волны 760 и 850 нм каждый и один датчик (5). Излучают попеременно с интервалом в несколько

сотых долей секунды инфракрасное излучение. Регистрируют прошедшее через кору головного мозга излучение от каждого излучателя. Передают электрический сигнал на регистрирующее устройство. Преобразуют полученный аналоговый сигнал в цифровой и передают его по проводам или радиоканалу на микрокомпьютер. С помощью предварительно обученной искусственной нейросети осуществляют распознавание мысленных команд человека-оператора. Достигается повышение надежности распознавания паттернов движений. 5 ил., 2 пр.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*A61B 6/02* (2006.01)  
*G01N 21/359* (2014.01)  
*G06N 3/02* (2006.01)  
*G06F 3/01* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*A61B 6/02 (2025.01); G01N 21/359 (2025.01); G06N 3/02 (2025.01); G06F 3/01 (2025.01)*

(21)(22) Application: **2024116108, 11.06.2024**

(24) Effective date for property rights:  
**11.06.2024**

Registration date:  
**24.03.2025**

Priority:

(22) Date of filing: **11.06.2024**

(45) Date of publication: **24.03.2025** Bull. № 9

Mail address:

**308015, g.Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU",  
Toktareva Tatyana Mikhajlovna**

(72) Inventor(s):

**Afonin Andrei Nikolaevich (RU),  
Samandari Ali Mirdan (IQ)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia "Belgorodskii gosudarstvennyi  
natsionalnyi issledovatel'skii universitet" (NIU  
"BelGU") (RU)**

(54) **METHOD OF CONTROLLING BIONIC PROSTHESES USING BRAIN-COMPUTER INTERFACE**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to medicine, namely to a method for controlling bionic prostheses using a brain-computer interface based on spectroscopy in the near infrared range. Preliminary mapping of cerebral cortex is performed. Cerebral activation zones are established. Elastic band-cap (2) with holes (3) is put on, into which four LED emitters (4) with emitted wavelengths of 760 and 850 nm each and one sensor (5) are installed above the cerebral activation zone. Infrared radiation is emitted alternately at intervals of

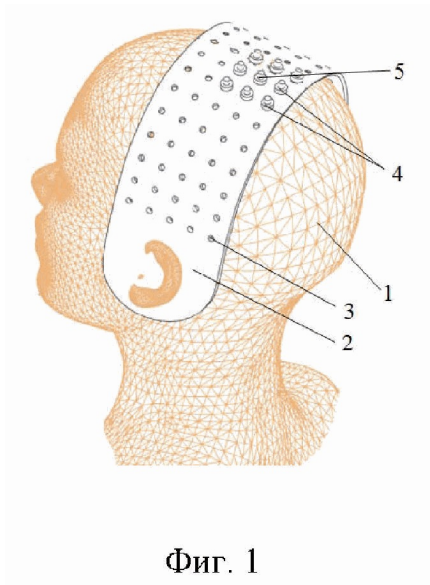
several hundredths of a second. Radiation transmitted through the cerebral cortex is recorded from each emitter. Electrical signal is transmitted to a recording device. Obtained analogue signal is converted into a digital signal and transmitted via wires or a radio channel to a microcomputer. Using a pre-trained artificial neural network, mental commands of a human operator are recognized.

EFFECT: high reliability of recognizing motion patterns.

1 cl, 5 dwg, 2 ex

**RU 2 836 983 C1**

**RU 2 836 983 C1**



Фиг. 1

Изобретение относится к области бесконтактного управления различными техническими устройствами, например бионическими протезами, с использованием интерфейсов мозг-компьютер на основе спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне.

5 Известна нейрокомпьютерная система для выбора команд на основе регистрации мозговой активности (см. RU2627075, опубл. 03.08.2017), содержащая электроэнцефалограф, электроды, сконфигурированные для передачи регистрируемых импульсов, электронно-вычислительное устройство, предназначенное для анализа регистрируемой мозговой активности, и модуль визуальной стимульной среды,  
10 объединяющий по меньшей мере два элемента управления, снабженных возможностью создания зрительных стимулов. Система позволяет управлять электронно-вычислительными или другими техническими устройствами за счет регистрации реакции оператора на подаваемые ему зрительные стимулы, каждый из которых ассоциирован с одной командой.

15 Недостатками системы являются сложность конструкции, продолжительное время, необходимое на перебор зрительных стимулов для выбора из них нужной команды, и большой процент ошибок.

Наиболее близкой по своим признакам, принятой за прототип, является система картирования головного мозга и прямого управления бионическими протезами (см.  
20 US 8 583 565, опубл. 12.11.2013), основанная на спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне (NIRS) и электроэнцефалографии (ЭЭГ). Система состоит из большого количества излучателей и датчиков, установленных на всю поверхность головы. Инфракрасное излучение от излучателей проходит через кору головного мозга и попадает на датчики, превращающие его в электрический ток. При этом оно частично  
25 поглощается гемоглобином, содержащимся в крови. Чем больше в коре будет содержаться крови, содержащей гемоглобин, тем выше будет там поглощение инфракрасного излучения. Поскольку активация нейронов сопровождается приливом к ним насыщенной кислородом крови, увеличение поглощения инфракрасного излучения, регистрируемое датчиками, позволяет выявить зоны активации коры  
30 головного мозга. В случае мысленного представления движений конечностей система позволит выявить активность зон мозга, ответственных за движения отдельных мышц или групп мышц. Распознавание паттернов движений в данной системе предполагается производить с помощью контроллера, использующего искусственные нейронные сети, например нечеткие нейронные сети. Распознавая с их помощью мысленные команды,  
35 регистрируемые датчиками, контроллер может управлять движениями протезов. Система требует установки большого количества излучателей и датчиков на всю моторную кору головного мозга.

Недостатком является установка большого количества излучателей и датчиков, что ведет к снижению скорости реакции нейроинтерфейса на мыслительные команды  
40 человека оператора и снижению надежности распознавания паттернов движений.

Задачей настоящего способа является повышение надежности распознавания паттернов движений.

Технический результат, заключается в повышении надежности распознавания паттернов движений.

45 Указанный технический результат достигается тем, что каждому конкретному человеку-оператору производят предварительное картирование коры головного мозга, например, с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (далее ФМРТ). При этом оператор, находясь в установке ФМРТ, совершает требуемые

движения, например, сжимает и разжимает кисть или мысленно представляет их совершение. В некоторой части моторной зоны коры головного мозга, ответственной за управление данными движениями у этого человека будет повышаться кровообмен, т.е. происходить активация мозговой деятельности. ФМРТ позволит в интерактивном режиме с высокой точностью выявить эти зоны. На голову человека-оператора надевают эластичную шапочку с отверстиями. В отверстия шапочки над выявленной зоной мозговой активации конкретного человека, устанавливаются четыре LED излучателя с длинами излучаемой волны 760 и 850 нМ каждый и один соответствующий им датчик с чувствительностью до 1 пВт. Излучатели попеременно с интервалом в несколько сотых долей секунды, излучают инфракрасное излучение. Датчик регистрирует прошедшее через кору головного мозга излучение от каждого излучателя и передает электрический сигнал на регистрирующее устройство, которое преобразует полученный аналоговый сигнал в цифровой и передает его по проводам или радиоканалу на микрокомпьютер, где с помощью предварительно обученной искусственной нейронной сети происходит распознавание мысленных команд человека-оператора.

Заявленный способ отличается тем, что излучатели и датчик устанавливаются над зоной мозговой активации, предварительно выявляемой у каждого конкретного человека-оператора с помощью магнитно-резонансной томографии.

Применение магнитно-резонансной томографии позволяет с высокой точностью определить зоны мозговой активации, на которые необходимо установить излучатели. За счет того, что излучателей и датчиков меньше, чем в прототипе, уменьшается погрешность передачи импульсов и увеличивается скорость реакции интерфейса на мыслительные команды человека – оператора, соответственно повышается надежность распознавания паттернов движения.

Изобретение поясняется чертежами.

На фигуре 1 - изображена эластичная шапочка-лента с отверстиями, где 1 голова человека – оператора, 2 эластичная шапочка лента, 3 отверстия для установления светодиодных излучателей и датчика, 4 светодиодные излучатели, 5 датчик.

На графике 2 - изображена зона мозговой активации пациента А, установленная с помощью томографа.

На фигуре 3 - изображен график концентрации гемоглобина, где окси - концентрация насыщенного кислородом гемоглобина, диокси – концентрация отдавшего кислород гемоглобина и сумм - суммарная концентрация гемоглобина.

На фигуре 4 - изображена зона мозговой активации пациентки Б, установленная с помощью томографа.

На фигуре 5 - изображен график концентрации гемоглобина, где окси-концентрация насыщенного кислородом гемоглобина, диокси – концентрация отдавшего кислород гемоглобина и сумм - суммарная концентрация гемоглобина.

Пример 1 осуществления изобретения.

Пациенту А (мужчина, 50 лет) было проведено предварительное картирование головного мозга. Пациент выполнял задание по мысленному представлению сжатия левой кисти. С помощью томографа NIRSport установлена зона мозговой активации. Зона мозговой активации выделена кругом на фигуре 2. После того, как была установлена зона мозговой активации, пациенту на голову была надета эластичная шапочка, в отверстия которой над зоной мозговой активации были установлены четыре LED излучателя с длинами излучаемой волны 760 и 850 нМ каждый и соответствующий им один датчик с чувствительностью до 1 пВт. Излучатели попеременно с интервалом в несколько сотых долей секунды, излучали инфракрасное излучение. Датчик

регистрировал прошедшее через кору головного мозга излучение от каждого излучателя и передавал электрический сигнал на регистрирующее устройство. При повторном выполнении задания по сжатию левой кисти сняты показания, представленные на фигуре 3, где показана концентрация насыщенного кислородом оксигенированного гемоглобина (окси), отдавшего кислород гемоглобина (деокси) и суммарная концентрация гемоглобина (сумм). График показывает, что после получения команды-триггера концентрация оксигенированного гемоглобина в зоне мозговой активации в течение 4 секунд возрастает в 2,1 раза, а потом начинает падать. Полученная форма сигнала позволяет распознавать мысленные команды на сжатие руки с помощью обученной искусственной нейронной сети LSTM с вероятностью 92%

#### Пример 2.

Пациентке Б (женщина, 25 лет) было проведено предварительное картирование головного мозга. Пациентка выполняла задание по мысленному представлению сжатия правой кисти. С помощью томографа NIRSport установлена зона мозговой активации. Зона мозговой активации выделена кругом на фигуре 4. После того, как была установлена зона мозговой активации, пациентке на голову была надета эластичная шапочка, в отверстия которой над зоной мозговой активации были установлены четыре LED излучателя с длинами излучаемой волны 760 и 850 нМ каждый и соответствующий им один датчик с чувствительностью до 1 пВт. Излучатели попеременно с интервалом в несколько сотых долей секунды, излучали инфракрасное излучение. Датчик регистрировал прошедшее через кору головного мозга излучение от каждого излучателя и передавал электрический сигнал на регистрирующее устройство. При повторном выполнении задания по сжатию правой кисти сняты показания, представленные на фигуре 5, где показана концентрация насыщенного кислородом оксигенированного гемоглобина (окси), отдавшего кислород гемоглобина (деокси) и суммарная концентрация гемоглобина (сумм). График показывает, что после получения команды-триггера концентрация оксигенированного гемоглобина в зоне мозговой активации в течение 6 секунд возрастает в 2,6 раза, а потом начинает падать. Полученная форма сигнала позволяет распознавать мысленные команды на сжатие руки с помощью обученной искусственной нейронной сети LSTM с вероятностью 96%.

Таким образом, способ для реализации нейроинтерфейса на основе спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне повысит скорость реакции нейроинтерфейса на мысленные команды человека – оператора, на 30-40% по сравнению с существующим аналогом, а также надежность распознавания паттернов движений.

При этом способ обеспечит снижение количество ошибок на 15-20%, при простоте конструкции и минимальной стоимости.

#### (57) Формула изобретения

Способ управления бионическими протезами с использованием интерфейса мозг-компьютер на основе спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне, характеризующийся тем, что осуществляют предварительное картирование коры головного мозга, устанавливают зоны мозговой активации, надевают эластичную шапочку-ленту с отверстиями, в которые над зоной мозговой активации устанавливают четыре LED излучателя с длинами излучаемой волны 760 и 850 нм каждый и один датчик, излучают попеременно с интервалом в несколько сотых долей секунды инфракрасное излучение, регистрируют прошедшее через кору головного мозга излучение от каждого излучателя и передают электрический сигнал на регистрирующее устройство, преобразуют полученный аналоговый сигнал в цифровой и передают его

по проводам или радиоканалу на микрокомпьютер, где с помощью предварительно обученной искусственной нейросети осуществляют распознавание мысленных команд человека-оператора.

5

10

15

20

25

30

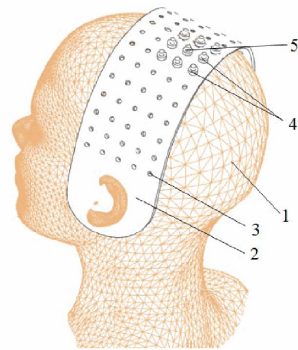
35

40

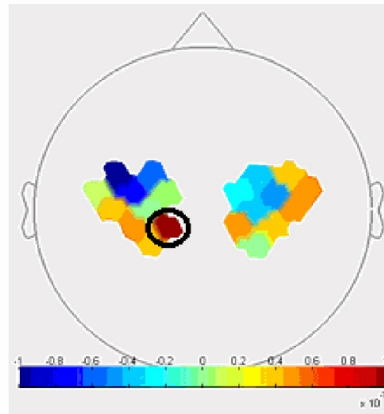
45



1

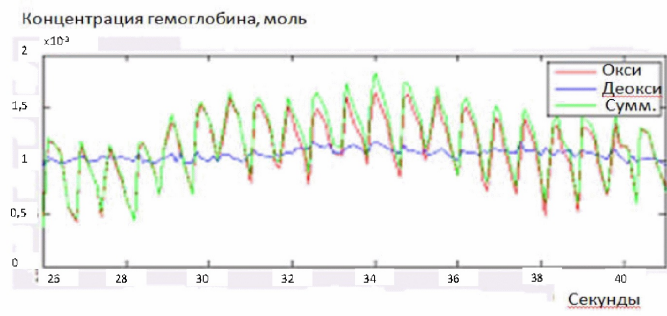


Фиг. 1

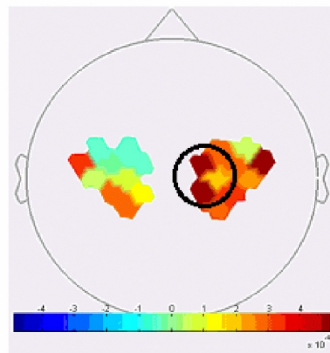


Фиг. 2

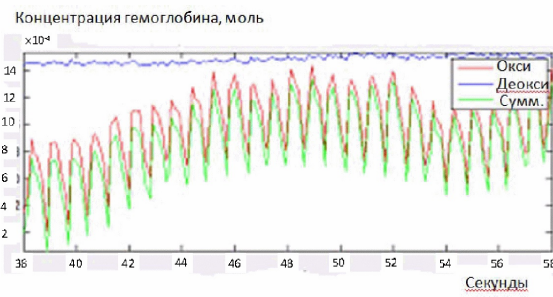
2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5