

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
28 ноября 2024 (28.11.2024)



(10) Номер международной публикации
WO 2024/242582 A1

(51) Международная патентная классификация:

A61B 5/374 (2021.01) A61B 5/16 (2006.01)
A61B 5/375 (2021.01) G16H 20/70 (2018.01)

(21) Номер международной заявки: РСТ/RU2023/000167

(22) Дата международной подачи:
01 июня 2023 (01.06.2023)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(30) Данные о приоритете:
2023113057 19 мая 2023 (19.05.2023) RU

(71) Заявитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "НЕЙРИ" (LIMITED
LIABILITY COMPANY "NEIRY") [RU/RU]; ул. Баку-
нинская, д. 73, стр. 2, этаж 4, пом. I, ком. 31 г. Москва,
105082, g. Moskva (RU).

(72) Изобретатели: САВИЦКИЙ, Евгений Олегович
(SAVITSKIY, Yevgeniy Olegovich); б-р маршала Рокос-
совского, д. 11, кв. 8 г. Москва, 107370, g. Moskva (RU).
ЗУБАРЕВ, Алексей Сергеевич (ZUBAREV, Aleksey
Sergeyevich); Мячковский бульвар д. 9, кв. 86 г. Москва,
109451, g. Moskva (RU). АСАНОВ, Эрнест Эдемович
(ASANOV, Ernest Edemovich); ул. Лавочкина 54к1, кв.
52 г. Москва, 125502, g. Moskva (RU).

(74) Агент: КОТЛОВ, Дмитрий Владимирович
(KOTLOV, Dmitry Vladimirovich); ул. Луговая, дом 4,
корпус 2 Москва, 121205, Moskva (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, CV,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

(54) Title: METHOD FOR TRACKING AND CORRECTING A USER'S PSYCHOEMOTIONAL STATES

(54) Название изобретения: СПОСОБ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ
ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ И ИХ КОРРЕКЦИИ

(57) Abstract: The invention relates to a method for tracking a user's psychoemotional states. Said method involves taking readings of a user's brain using a portable neuroelectronic interface in an EEG data extraction mode. The EEG data collected is transmitted via a Bluetooth channel to a computing device for subsequent processing. For the purpose of determining and subsequently detecting psychoemotional and psychophysical states, an individual calibration mechanism is used which includes the following cycle: 20 seconds eyes closed, 20 seconds eyes open, 20 seconds eyes closed, 20 seconds eyes open, 40 seconds quiet wake. During calibration for determining the psychoemotional and psychophysical states, the following values are determined: the individual alpha peak frequency (IAPF) value; the alpha peak frequency suppression value; the individual alpha range boundaries; the given user's baseline cognitive fatigue score, concentration score and alpha gravity score. The metrics together with an explanation thereof are displayed to the user for monitoring. On the basis of the states detected, a message is displayed to the user that contains recommendations for training exercises with biological feedback.

(57) Реферат: Изобретение относится к способу отслеживания психоэмоциональных состояний пользователя. При этом про-
водят опросы головного мозга пользователя в режиме снятия данных ЭЭГ с помощью портативного нейроинтерфейса. Со-
бранные ЭЭГ-данные передают по каналу связи Bluetooth на вычислительное устройство для дальнейшей обработки. Для вы-
числения психоэмоциональных и психофизиологических состояний и их дальнейшей детекции используют механизм индиви-
дуальной калибровки, который включает в себя цикл: 20 секунд закрытых глаз, 20 секунд открытых глаз, 20 секунд закрытых
глаз, 20 секунд открытых глаз, 40 секунд спокойного бодрствования. При калибровке для вычисления психоэмоциональных и
психофизиологических состояний вычисляются следующие значения: величина индивидуального пика Альфа-ритма (IAPF);
величина супрессии пика Альфа-ритма; индивидуальные границы Альфа-диапазона; базовый уровень индекса когнитивной
усталости, индекс концентрации, индекс «альфа-гравити», характерный для данного пользователя (Baseline). Значения метрик
с расшифровкой отображают пользователю для мониторинга. На основе детектируемых состояний отображают пользователю
уведомления с рекомендациями по прохождению тренировок с биологической обратной связью.



WO 2024/242582 A1

СПОСОБ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ И ИХ КОРРЕКЦИИ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее техническое решение относится к области вычислительной
5 техники, в частности, к способу для отслеживания психоэмоциональных состояний
пользователя и их коррекции.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Из уровня техники известно решение, выбранное в качестве наиболее
10 близкого аналога, WO2022169376A1. Данное изобретение раскрывает программно-
аппаратный комплекс для улучшения когнитивных функций пользователя,
содержащее: вычислительное устройство, выполненное с возможностью
отображения информации и содержащее клиентское приложение;
нейрокомпьютерный интерфейс, содержащий нейроусилитель; программный
15 интерфейс, выполненный с возможностью осуществления управления режимами
работы нейроусилителя, а именно выполненный с возможностью: подключения к
нейроусилителю и активации команд на получение сопротивлений электродов
и/или для снятия и записи данных электроэнцефалограммы головного мозга (ЭЭГ);
сервер, содержащийся в составе программного интерфейса и включающий в себя:
20 модуль связи с нейрокомпьютерным интерфейсом; ядро программного
интерфейса; модуль классификации сигналов ЭЭГ; модуль отправки данных
клиентскому приложению.

Предлагаемое техническое решение направлено на устранение недостатков
современного уровня техники и отличается от известных решений тем, что
25 предложенный способ обеспечивает качественное и точное отслеживание
психоэмоциональных состояний пользователя. В данном решении применяется
алгоритм очистки ЭЭГ-сигнала от миографических (мышечных) артефактов, что
позволяет применять данную систему (способ) вне лабораторных условий.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

30 Технической проблемой, на решение которой направлено заявленное
решение, является создание способа для отслеживания психоэмоциональных
состояний пользователя и их коррекции. Дополнительные варианты реализации
настоящего изобретения представлены в зависимых пунктах изобретения.

Технический результат заключается в точном и качественном отслеживании психоэмоциональных состояний пользователя, а также в возможности их коррекции.

Заявленный результат достигается за счет осуществления способа для
5 отслеживания психоэмоциональных состояний пользователя и их коррекции, который включает в себя этапы, на которых:

портативный нейроинтерфейс, в режиме снятия данных электроэнцефалограммы головного мозга (ЭЭГ), проводит опросы головного мозга пользователя;

10 собранные ЭЭГ-данные пользователя передаются по каналу связи Bluetooth на вычислительное устройство для дальнейшей обработки;

вычислительное устройство получает ЭЭГ-данные с нейроусилителя, после чего фильтрует и предобрабатывает их;

отфильтрованные и предобработанные данные классифицируются, при этом
15 для вычисления психоэмоциональных и психофизиологических состояний, и дальнейшей их детекции и коррекции используется механизм индивидуальной калибровки, который включает в себя:

цикл: 20 секунд закрытых глаз, 20 секунд открытых глаз, 20 секунд закрытых глаз, 20 секунд открытых глаз, 40 секунд спокойного бодрствования;

20 при этом при процессе калибровки для вычисления психоэмоциональных и психофизиологических состояний вычисляются следующие значения: величина индивидуального пика Альфа-ритма (iAPF); величина супрессии пика Альфа-ритма; индивидуальные границы Альфа-диапазона; расчет базового уровня индекса когнитивной усталости, индекса концентрации, индекса «альфа-гравити»,
25 характерного для данного пользователя (Baseline);

после проведения калибровки и вычисления индивидуального базового уровня, значения метрик с расшифровкой отображаются пользователю для мониторинга;

на основе детектируемых состояний, пользователю отображаются
30 уведомления с рекомендациями по прохождению тренировок с биологической обратной связью.

В частном варианте реализации описываемого способа, фильтрация и предобработка данных осуществляется посредством фильтра Баттерворта четвертого порядка, который используется для базовой фильтрации поступающих
35 данных;

посредством применения быстрого преобразования Фурье (FFT), осуществляется вычисления спектральной плотности мощности (PSD) основных ритмов головного мозга – Дельта, Тета, Альфа, Бета;

посредством применения мощностной и амплитудной фильтрации, реализуется избавление от миографических артефактов и выделения полезного физиологического ЭЭГ-сигнала.

В другом частном варианте реализации описываемого способа, при процессе калибровки для вычисления психоэмоциональных и психофизиологических состояний вычисляются следующие значения:

10 величина индивидуального пика Альфа-ритма (iAPF), определяется как наибольшая мощность в диапазоне измерений Альфа-ритма на определенной частоте;

15 величина супрессии пика Альфа-ритма, определяется как разница в мощности между абсолютным пиком в Альфа-диапазоне при этапах калибровки с открытыми и закрытыми глазами;

индивидуальные границы Альфа-диапазона определяются как первое значение для высокочастотного альфа-диапазона, и последнее значение для низкочастотного альфа-диапазона, где разница мощностей при открытых и при закрытых глазах будет положительна.

20 В частном варианте реализации описываемого способа, величина частоты индивидуального пика Альфа-ритма (iAPF), определяется как значение частоты в диапазоне измерений Альфа-ритма от 7 до 13 Гц, при котором мощность наибольшая.

25 В частном варианте реализации описываемого способа, при расчете Baseline происходит накопление значений мощности ритмов и их соотношений в циклическом буфере размерностью 5 секунд, до накопления суммарно 30 секунд безартефактных значений, причем в качестве метода усреднения используется метод среднеквадратичного усреднения.

30 В другом частном варианте реализации описываемого способа, все результаты измерений сохраняются в локальную базу данных и после окончания сессии вместе с сырыми ЭЭГ данным, отправляются на удаленную web-платформу для отслеживания статистики и прогресса.

В частном варианте реализации описываемого способа, портативный нейроинтерфейс, в режиме снятия данных электроэнцефалограммы головного

мозга (ЭЭГ), проводит опросы головного мозга пользователя с частотой 250 Гц, по каждому из электродов при наборе 8 отсчетов.

ДЕТАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

5 В приведенном ниже подробном описании реализации изобретения приведены многочисленные детали реализации, призванные обеспечить отчетливое понимание настоящего изобретения. Однако, квалифицированному в предметной области специалисту, будет очевидно каким образом можно использовать настоящее изобретение, как с данными деталями реализации, так и
10 без них. В других случаях хорошо известные методы, процедуры и компоненты не были описаны подробно, чтобы не затруднять излишне понимание особенностей настоящего изобретения.

Кроме того, из приведенного изложения будет ясно, что изобретение не ограничивается приведенной реализацией. Многочисленные возможные
15 модификации, изменения, вариации и замены, сохраняющие суть и форму настоящего изобретения, будут очевидными для квалифицированных в предметной области специалистов.

Настоящее техническое решение предназначено для индивидуального использования и создано для анализа психоэмоционального состояния
20 пользователя, а также коррекции (облегчения) негативных состояний (при регулярном использовании).

Способ для отслеживания психоэмоциональных состояний пользователя и их коррекции реализуется посредством следующих технических элементов:

нейрокомпьютерный интерфейс (может быть реализован в различных форм-
25 факторах), содержащий нейроусилитель;

вычислительное устройство, обеспечивающее прием, фильтрацию, анализ и обработку данных, поступающих от нейроусилителя;

облачную веб-платформу, а также локальную базу данных (все результаты измерений после окончания сессии вместе с сырыми ЭЭГ данным, отправляются
30 на удаленную web-платформу для отслеживания статистики и прогресса).

В качестве основного принципа работы устройства для регистрации ЭЭГ-сигнала (нейрокомпьютерного интерфейса), лежит принцип измерения разницы потенциалов между целевым электродом и референтным электродом, с определенной частотой дискретизации, каждый цикл измерений (данные со всех
35 электродов), собирается в отдельный отсчет и по накоплении 8 отсчетов

упаковывается в BLE-пакет для передачи на целевое устройство для дальнейшей фильтрации, обработки и классификации.

Точность измерений достигается благодаря системе фильтрации внешних помех – режекторные фильтры для отсекаания внешних наводок на частотах 50/60 Гц, основной фильтр на базе фильтра Баттерворта 4го порядка для очистки ЭЭГ-сигнала от шумов, а также за счет применения парадигм, связанных с индивидуальной частотой альфа-пика (iAPF) для выбора более точной механики отслеживания психоэмоциональных состояний у различных пользователей.

В одной из реализаций устройства для регистрации ЭЭГ-сигнала целевыми электродами являются отведения T3, T4, O1, O2, с референтным электродом на лбу. Частота дискретизации составляет 250 Гц. Для начала работы устройство необходимо включить кнопкой и провести процедуру сопряжения модуля Bluetooth, согласно руководству пользователя, с целевым устройством (вычислительным устройством), далее надеть на голову, следя чтобы референтный электрод касался кожи лба, а значения импедансов целевых электродов в интерфейсе приложения были менее 1 МОм (мегаом). После этого возможен переход в режим измерения сигнала ЭЭГ.

В другой реализации устройства для регистрации ЭЭГ-сигнала целевыми электродами являются отведения C3, C4, A1, A2, с референтным электродом в расположении CZ (на макушке). Частота дискретизации составляет 250 Гц. Для начала работы устройство необходимо включить кнопкой и провести процедуру сопряжения модуля Bluetooth, согласно руководству пользователя, с целевым устройством – отдельно для нейроусилителя, и отдельно для стереогарнитур. Далее надеть на голову, следя чтобы все электроды прилегали и значения импедансов целевых электродов были менее 1 МОм. После этого возможен переход в режим измерения сигнала ЭЭГ. В процессе работы с устройством возможно использование стереогарнитур по прямому назначению – для прослушивания музыки, совершения аудио-звонков, параллельно с измерением ЭЭГ-сигнала.

Нейроинтерфейсы поддерживают следующие режимы работы: измерение сопротивлений – для определения качества прилегания электродов, отправку значений заряда встроенного аккумулятора, съем ЭЭГ-сигнала. Устройства не предусматривают какой-либо аппаратной фильтрации – обработка производится на стороне вычислительного устройства (Mind Tracker BCI).

Вычислительное устройство - аппаратно-программное устройство, обеспечивающее пользователю получение информации/данных и/или выполнение требуемого алгоритма работы и/или взаимодействие с локальными или глобальными сетями (системами) связи и информационными системами
5 (например, мобильное устройство, ноутбук и др.).

Вычислительное устройство может состоять из: устройств ввода/вывода информации (аудио, графической, текстовой, видео и др.); датчиков (положения, ориентации, освещенности, акселерометров, приближения и др.); коммуникационных модулей (периферийные устройства); ядра персонального
10 устройства (средств вычислительной техники (микропроцессор, постоянное запоминающее устройство, оперативное запоминающее устройство), графические ускорители, средства обработки звуковых потоков).

Вычислительное устройство осуществляет необходимую обработку данных с использованием трех основных модулей:

- 15 - Ядро, отвечающее за управление устройствами, прием сигнала, преобразование, фильтрацию и отсылку в модуль интерфейса, модуль локальной базы данных и отсылку на удаленный сервер web-платформы;
- Интерфейс, модуль, отвечающий за отображение и ввод пользовательской информации на вычислительном устройстве.
- 20 - Локальная база данных, модуль, хранящий данные сеанса и отправляющий их на удаленный сервер web-платформы для хранения и анализа.

Модули связываются между собой посредством C API.

После запуска устройств, по запросу осуществляется поиск нейроинтерфейса, готового к подключению по каналу Bluetooth. В случае если
25 такой нейроинтерфейс был найден, осуществляется отображение индикации с качеством наложения электродов. Если качество удовлетворительное и показатели сопротивлений по каждому электроду менее 1000 кОм, появляется возможность переключения устройства в режим снятия ЭЭГ.

В режиме снятия ЭЭГ нейроинтерфейс проводит опросы с частотой 250 Гц,
30 по каждому из электродов, при наборе 8 отсчетов, они упаковываются в BLE пакет и отсылаются по каналу связи Bluetooth на вычислительное устройство.

Для устранения плавающих задержек при передаче данных по протоколу BLE в модуле ядра реализован функционал буферизации, с выводом данных в обработку каждые 0,1 сек.

После получения ЭЭГ-данных из буфера, к ним применяются алгоритмы фильтрации и преобразования:

- фильтр Баттерворта четвертого порядка;
- быстрое преобразование Фурье (FFT) для получения значений частоты и амплитуды сигнала;
- вычисление спектральной плотности мощности (PSD) основных ритмов головного мозга – Тета, Альфа, Бета, включая поддиапазоны.

Все дальнейшие измерения проводятся после дополнительной мощностной и амплитудной фильтрации миографических артефактов для выделения полезного физиологического ЭЭГ-сигнала. Фильтрация проводится скользящим окном, шириной 0.8 сек. В расчеты берутся только безартефактные значения.

Классификация психоэмоциональных состояний возможна после прохождения индивидуальной калибровки, занимающей 2 минуты. В процессе калибровки пользователю предлагается сесть спокойно и пройти цикл: 20 секунд закрытых глаз, 20 секунд открытых глаз, 20 секунд закрытых глаз, 20 секунд открытых глаз, 40 секунд спокойного бодрствования.

В процессе калибровки измеряются следующие параметры: Безартефактные значения мощностей Альфа, Бета, Тета ритмов, величина индивидуального пика Альфа-ритма (iAPF), индивидуальные границы Альфа-диапазона, мощности поддиапазонов Альфа-ритма. Измерения производятся скользящим окном 5 секунд, с последующим усреднением – отдельно для этапа калибровки с закрытыми глазами, отдельно для этапа с открытыми глазами.

В последние 40 секунд происходит измерение Альфа-, Бета-, Тета-ритмов головного мозга, включая поддиапазоны A1 и A2, производится расчет базового уровня, характерного для данного пользователя (Baseline).

Расчет Baseline: при расчете Baseline происходит накопление значений мощности ритмов и их соотношений в циклическом буфере размерностью 5 секунд, до накопления суммарно 30 секунд безартефактных значений, в качестве метода усреднения используется метод среднеквадратичного усреднения. В качестве значения Baseline значения, берется 75 перцентиль полученного числового ряда.

После расчета Baseline в интерфейс пользователя выводятся следующие значения: величина iAPF, и расшифровка значений.

Настоящее техническое решение позволяет пользователю наблюдать за своим состоянием в реальном времени в режиме мониторинга. На устройстве отображения пользователю доступны метрики:

– Cognitive Score (уровень когнитивной загрузки в процентах) – значения в реальном времени или в виде графика за период до 60 минут.

– Индикация психоэмоциональных состояний: в данный момент состояния отображаются в виде индикаторов: Расслабление, Вовлеченность, Легкая усталость, Усталость средней степени, Хроническая усталость, Тревожность, Стресс. Состояния становятся активными, как только алгоритм приложения их определяет.

На основе детектируемых состояний приложение выводит уведомления с рекомендациями по прохождению БОС–тренингов (различные для различных негативных состояний).

Примеры БОС–тренингов:

– Снятие стресса – тренинг предлагается пользователю при обнаружении таких состояний как усталость и стресс.

Тренинг помогает пользователям снять стресс и ощутить глубокое расслабление, подходит пользователям, которым сложно расслабиться.

– Расслабление разума – тренинг предлагается пользователю при обнаружении таких состояний как усталость и тревожность. Тренинг позволяет пользователю постепенно научиться концентрироваться и не отвлекаться на внешние раздражители, подходит пользователям, которым легко расслабиться, но расслабление легко сбить.

Тренинги имеют схожую структуру: состоят из трех уровней, с каждым уровнем сложность прохождения возрастает, в каждом уровне надо набрать 100 баллов. В конце каждого тренинга пользователю в интерфейс выводится результат – максимальное количество баллов, набранное пользователем за тренинг.

Алгоритм взаимодействия модулей системы детекции психоэмоциональных состояний и их коррекции (Mind Tracker BCI):

- Интерфейс пользователя выступает клиентом, позволяет устанавливать связь и осуществлять управление режимами работы нейроусилителя. Отображает информацию пользователю.

- Ядро получает ЭЭГ-данные напрямую с нейроусилителя, фильтрует и предобрабатывает их, для базовой фильтрации поступающих данных используется фильтр Баттерворта четвертого порядка и быстрое преобразование Фурье (FFT) для получения значений спектральной плотности мощности далее отфильтрованные и предобработанные данные поступают в модули классификации для вычисления психоэмоциональных и психофизиологических

состояний. Готовые метрики передаются пользователю для отображения. Отправляет ЭЭГ-данные в локальную БД для хранения. Ядро представляет из себя набор компонентов, обеспечивающих функционирование и связь между модулями интерфейса, такими как:

5 1. Модуль классификации сигналов ЭЭГ.

В модуле содержится приемный буфер для данных, приходящих по каналу Bluetooth, для обеспечения константной задержки в 4 мс (для частоты дискретизации 250 Гц) при выводе данных в модули классификации состояний. Также в модуле присутствуют фильтры для очистки сигнала от помех и модуль для
10 вычисления Band Powers (значений спектральной плотности мощности), после очистки сигнала и вычисления мощностей, данные поступают в модули классификации состояний для дальнейшей обработки и вывода на устройство отображения.

2. Модуль связи с нейрокомпьютерным интерфейсом.

15 В данном модуле содержится логика управления подключением к нейроусилителю по каналу связи Bluetooth, также модуль отвечает за пересылку команд для переключения режимов работы нейроусилителя (режим измерения импеданса, режим снятия данных)

3. Модуль отправки данных пользователю.

20 В данном модуле содержится логика внутреннего C API для связи между модулем классификации, модулем связи с нейрокомпьютерным интерфейсом и клиентским приложением. Модуль является набором API методов, позволяющим выдавать и принимать данных, получать команды из интерфейса приложения в понятном для пользователя виде.

25 4. Локальная база данных, модуль, хранящий данные сеанса и отправляющий их на удаленный сервер web-платформы для дальнейшего хранения и анализа.

В данном модуле содержится локальная база SQL Lite для записи ЭЭГ-данных и метрик, полученных от модулей классификации, при отсутствии связи с удаленным сервером web-платформы. Хранимые данные содержат: RAW EEG
30 Data в формате HDF5, данные разметки событий с привязкой ко времени, данные классифицированных состояний с привязкой ко времени, метаданные сессии, включая модель нейроусилителя, количество каналов, абсолютное время начала и конца сессии. Также в модуле содержится функционал доотсылки данных при
35 обрыве соединения с сетью Internet.

Учитывая “плавающую” задержку в приеме данных по беспроводному протоколу, интерфейс использует буфер для сбора данных, тем самым позволяя добиться равномерной задержки при передаче ЭЭГ данных для классификации и дальнейшей передаче их в интерфейс приложения.

- 5 В качестве дополнительно преимущества системы детекции психоэмоциональных состояний и их коррекции (Mind Tracker BCI) можно выделить его гибкую архитектуру: может быть интегрирован с различными интерфейсами и различными классификаторами сигналов.

Фильтрация и предобработка данных в ядре (включает в себя):

- 10 Применение фильтра Баттерворта четвертого порядка, который используется для базовой фильтрации поступающих данных;

Применение быстрого преобразования Фурье (FFT), которое используется для вычисления спектральной плотности мощности (PSD) основных ритмов головного мозга – Дельта, Тета, Альфа, Бета;

- 15 Фильтрация проводится скользящим окном, шириной 0.8 сек. В дальнейшие расчеты берутся только безартефактные значения.

В процессе калибровки для вычисления психоэмоциональных и психофизиологических состояний вычисляются следующие значения:

- величина индивидуального пика Альфа-ритма (iAPF), определяется
20 как наибольшая мощность в диапазоне измерений Альфа-ритма на определенной частоте (в частном варианте реализации описываемого способа, величина частоты индивидуального пика Альфа-ритма (iAPF), определяется как значение частоты в диапазоне измерений Альфа-ритма от 7 до 13 Гц, при котором мощность наибольшая);
- 25 • величина супрессии пика Альфа-ритма, определяется как разница в мощности между абсолютным пиком в Альфа-диапазоне при этапах калибровки с открытыми и закрытыми глазами;
- индивидуальные границы Альфа-диапазона определяются как первое значение (для высокочастотного альфа-диапазона), и последнее значение (для
30 низкочастотного альфа-диапазона), где разница мощностей при открытых и при закрытых глазах будет положительна;
- расчет базового уровня индекса когнитивной усталости, индекса концентрации, индекса «альфа-гравити», характерного для данного пользователя (Baseline).

Спектральная плотность мощностей (PSD) диапазонов основных ритмов головного мозга, а также их поддиапазонов измерения производятся скользящим окном 5 секунд.

Для расчёта основных индексов, применяются следующие формулы:

- 5 Индекс когнитивной усталости (FS) = $(\alpha + \theta) / \beta$, где α мощность в диапазоне Альфа-ритма, θ мощность в диапазоне Тета-ритма, β мощность в диапазоне Бета-ритма.

- 10 Индекс «Альфа-гравити» (GS) = $A2/A1$, где $A2$ мощность в поддиапазоне Альфа-ритма от значения iAPF до верхней границы, а $A1$ мощность в поддиапазоне Альфа-ритма от значения iAPF до нижней границы.

Индекс концентрации = B/A , где B мощность в поддиапазоне Бета-ритма, а A мощность в поддиапазоне Альфа-ритма

- 15 После проведения калибровки и вычисления индивидуального базового уровня значений метрик с расшифровкой отображаются пользователю для мониторинга.

Выводятся значения: iAPF, график Cognitive Score (шкала от 0 до 100%), индикация психоэмоциональных состояний.

iAPF – значения от 7 до 13 Гц

- 20 Cognitive Score – график вовлеченности в предъявленную задачу (график продуктивности):

для пользователей с низкой (iAPF<10) рассчитывается на основе индекса утомления, с поправочными коэффициентами;

для пользователей с высокой альфа-частотой (iAPF>10) рассчитывается на основе индекса «Альфа-гравити» (GS), с поправочными коэффициентами.

- 25 Индикация психоэмоциональных состояний реализована в виде индикаторов: Расслабление, Вовлеченность, Легкая усталость, Усталость средней степени, Хроническая усталость, Тревожность, Стресс. Индикаторы состояние становятся активными, как только алгоритм системы их определяет.

- 30 Алгоритм распознает каждое состояние индивидуально, на основе значений индексов, описанных выше.

- Состояния расслабления и вовлеченности идентифицируются при высоких показателях iAPF и низких значениях FS, по отношению к базовым (Baseline) показателям.

- Состояния усталости легкой, средней и хронической степеней идентифицируются при более низких показателя iAPF и повышении значений FS, по отношению к базовым (Baseline) показателям.

- Состояния тревожности и стресса, идентифицируются при низких значениях iAPF и высоких значениях индекса стресса, по отношению к базовым (Baseline) показателям.

В основе механики лежит аудиальная обратная связь, зависящая от поддержания уровня своего Альфа-пика, определенного на этапе калибровки (величина супрессии Альфа-ритма). При удержании расслабления звуки природы ярко выражены, но при падении к ним примешиваются посторонние звуки искусственного происхождения (например звуки шоссе, строительной площадки и и.д.)

Все результаты измерений (сессий), отсылаются сохраняются в локальную базу данных Postgress SQL и после окончания сессии вместе с сырыми ЭЭГ данным, отсылаются на удаленную web-платформу, что позволяет при повторном использовании системы отслеживать статистику и прогресс.

Предлагаемое техническое решение позволяет отслеживать метрики и состояния «в моменте», а также сессионно – ведя статистику по дням, неделям, месяцам.

При обнаружении негативных психоэмоциональных состояний у пользователя, на устройстве отображения выводятся рекомендации, позволяющие избавиться от подобных состояний (рекомендации для планирования режима «работа / отдых», или рекомендации по прохождению тренинга).

Дополнительно решение позволяет выстроить индивидуальную предиктивную модель и уведомляет пользователя о наиболее благоприятных периодах работы/отдыха, на основе накопленных данных.

В данном решении применяется алгоритм очистки ЭЭГ-сигнала от миографических (мышечных) артефактов, что позволяет применять предложенное техническое решение вне лабораторных условий.

Несмотря на то, что изобретение описано со ссылкой на раскрываемые варианты воплощения, для специалистов в данной области должно быть очевидно, что конкретные, подробно описанные, эксперименты приведены лишь в целях иллюстрирования настоящего изобретения, и их не следует рассматривать как каким-либо образом ограничивающие объем изобретения. Должно быть понятно,

что возможно осуществление различных модификаций без отступления от сути настоящего изобретения.

5

10

15

20

25

30

35

Формула

1. Способ для отслеживания психоэмоциональных состояний пользователя и их коррекции, включающий этапы, на которых:

портативный нейроинтерфейс, в режиме снятия данных
5 электроэнцефалограммы головного мозга (ЭЭГ), проводит опросы головного мозга пользователя;

собранные ЭЭГ-данные пользователя передаются по каналу связи Bluetooth на вычислительное устройство для дальнейшей обработки;

10 вычислительное устройство получает ЭЭГ-данные с нейроусилителя, после чего фильтрует и предобрабатывает их;

отфильтрованные и предобработанные данные классифицируются, при этом для вычисления психоэмоциональных и психофизиологических состояний, и дальнейшей их детекции и коррекции используется механизм индивидуальной калибровки, который включает в себя:

15 цикл: 20 секунд закрытых глаз, 20 секунд открытых глаз, 20 секунд закрытых глаз, 20 секунд открытых глаз, 40 секунд спокойного бодрствования;

при этом при процессе калибровки для вычисления психоэмоциональных и психофизиологических состояний вычисляются следующие значения: величина индивидуального пика Альфа-ритма (iAPF); величина супрессии пика Альфа-ритма;
20 индивидуальные границы Альфа-диапазона; расчет базового уровня индекса когнитивной усталости, индекса концентрации, индекса «альфа-гравити», характерного для данного пользователя (Baseline);

после проведения калибровки и вычисления индивидуального базового уровня, значения метрик с расшифровкой отображаются пользователю для
25 мониторинга;

на основе детектируемых состояний, пользователю отображаются уведомления с рекомендациями по прохождению тренингов с биологической обратной связью.

30 2. Способ по п.1, в котором фильтрация и предобработка данных осуществляется посредством фильтра Баттерворта четвертого порядка, который используется для базовой фильтрации поступающих данных;

посредством применения быстрого преобразования Фурье (FFT), осуществляется вычисления спектральной плотности мощности (PSD) основных
35 ритмов головного мозга – Дельта, Тета, Альфа, Бета;

посредством применения мощностной и амплитудной фильтрации, реализуется избавление от миографических артефактов и выделения полезного физиологического ЭЭГ-сигнала.

5 3. Способ по п.1, в котором при процессе калибровки для вычисления психоэмоциональных и психофизиологических состояний вычисляются следующие значения:

- величина индивидуального пика Альфа-ритма (iAPF), определяется как наибольшая мощность в диапазоне измерений Альфа-ритма на определенной частоте;
- величина супрессии пика Альфа-ритма, определяется как разница в мощности между абсолютным пиком в Альфа-диапазоне при этапах калибровки с открытыми и закрытыми глазами;
- индивидуальные границы Альфа-диапазона определяются как первое значение для высокочастотного альфа-диапазона, и последнее значение для низкочастотного альфа-диапазона, где разница мощностей при открытых и при закрытых глазах будет положительна.

20 4. Способ по п.3, в котором величина частоты индивидуального пика Альфа-ритма (iAPF), определяется как значение частоты в диапазоне измерений Альфа-ритма от 7 до 13 Гц, при котором мощность наибольшая.

25 5. Способ по п.1, в котором при расчете Baseline происходит накопление значений мощности ритмов и их соотношений в циклическом буфере размерностью 5 секунд, до накопления суммарно 30 секунд безартефактных значений, причем в качестве метода усреднения используется метод среднеквадратичного усреднения.

30 6. Способ по п.1, в котором все результаты измерений сохраняются в локальную базу данных и после окончания сессии вместе с сырыми ЭЭГ данным, отправляются на удаленную web-платформу для отслеживания статистики и прогресса.

35 7. Способ по п.1, в котором портативный нейроинтерфейс, в режиме снятия данных электроэнцефалограммы головного мозга (ЭЭГ), проводит опросы

WO 2024/242582 **PCT/RU2023/000167**
головного мозга пользователя с частотой 250 Гц, по каждому из электродов при наборе 8 отсчетов.

5

10

15

20

25

30

35

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2023/000167

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 5/374 (2021.01)**A61B 5/16** (2006.01)**A61B 5/375** (2021.01)**G16H 20/70** (2018.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 5/00, 5/374, 5/375, 5/16, G16H 20/00, 20/70

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EAPATIS, Espacenet, E-Library, PubMed, Google Patents, PatSearch

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
D, A	WO 2022/169376 A1 (OBSCHESTVO S OGRANICHENNOI OTVETSTVENNOSTJU "NEIRN ") 11.08.2022, page 1, lines 5-10, page 3, lines 10-20, page 6, lines 1-10, page 7, lines 5-30	1-7
A	US 2022/0047204 A1 (JOHANSSON MAGNUS et al.) 17.02.2022	1-7
A	US 2018/0242919 A1 (CEREBRAL DIAGNOSTICS CANADA INCORPORATED) 30.08.2018	1-7
A	CN 106725462 A (UNIV LANZHOU) 31.05.2017	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 January 2024 (16.01.2024)

Date of mailing of the international search report

08 December 2023 (08.12.2023)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2023/000167

A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ																
A61B 5/374 (2021.01) A61B 5/375 (2021.01) A61B 5/16 (2006.01) G16H 20/70 (2018.01)																
Согласно Международной патентной классификации МПК																
B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА																
Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)																
A61B 5/00, 5/374, 5/375, 5/16, G16H 20/00, 20/70																
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки																
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)																
EAPATIS, Espacenet, E-Library, PubMed, Google Patents, PatSearch																
C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:																
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №														
D, A	WO 2022/169376 A1 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "НЕЙРИ") 11.08.2022, страница 1, строки 5-10, страница 3, строки 10-20, страница 6, строки 1-10, страница 7, строки 5-30	1-7														
A	US 2022/0047204 A1 (JOHANNSSON MAGNUS et al.) 17.02.2022	1-7														
A	US 2018/0242919 A1 (CEREBRAL DIAGNOSTICS CANADA INCORPORATED) 30.08.2018	1-7														
A	CN 106725462 A (UNIV LANZHOU) 31.05.2017	1-7														
☐ последующие документы указаны в продолжении графы C. ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении																
<table><tr><td>* Особые категории ссылочных документов:</td><td>“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение</td></tr><tr><td>“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным</td><td></td></tr><tr><td>“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке</td><td>“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности</td></tr><tr><td>“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее</td><td>“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста</td></tr><tr><td>“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)</td><td>“&” документ, являющийся патентом-аналогом</td></tr><tr><td>“О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.</td><td></td></tr><tr><td>“Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета</td><td></td></tr></table>			* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение	“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным		“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности	“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста	“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“&” документ, являющийся патентом-аналогом	“О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.		“Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	
* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение															
“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным																
“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности															
“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста															
“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“&” документ, являющийся патентом-аналогом															
“О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.																
“Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета																
Дата действительного завершения международного поиска		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске														
16 января 2024 (16.01.2024)		08 февраля 2024 (08.02.2024)														
Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., д. 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3, 125993, Российская Федерация тел. +7(499)240-60-15, факс +7(495)531-63-18		Уполномоченное лицо: Быковская С. Телефон № 8(495)531-64-81														