

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **033906**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2019.12.09**

(21) Номер заявки  
**201700481**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.10.23**

(51) Int. Cl. *A61B 5/00* (2006.01)  
*A61N 5/06* (2006.01)  
*A61M 21/00* (2006.01)  
*A61H 23/00* (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ ТРЕНИРОВКИ ГОЛОВНОГО МОЗГА**

---

(43) **2019.04.30**

(96) **2017000108 (RU) 2017.10.23**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ЗУЕВА МАРИНА ВЛАДИМИРОВНА  
(RU)**

(56) RU-C1-2407432  
RU-C1-2188575  
EA-B1-021891  
RU-C1-2150968  
EA-B1-019972

(72) Изобретатель:  
**Зуева Марина Владимировна, Зуев  
Тимофей Арнольдович, Каранкевич  
Александр Иванович (RU)**

(74) Представитель:  
**Рыбина Н.А., Рыбин В.Н. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к области биологии и медицины и может быть использовано в биомедицинских технологиях. Способ предназначен для исследований, тренировки и лечения головного мозга с целью изучения и улучшения его активности и когнитивных способностей. Способ включает его стимулирование сложноструктурированными сигналами различной сенсорной модальности (световые, звуковые, вибрационные) и иной физической природы или их комбинацией и отличается тем, что пространственно-временная структура сигналов имеет фрактальную размерность Хаусдорфа-Безиковича, регулируемую в диапазоне от 1 до 2 для биомедицинских технологий, и уровень самоподобия от 2 до 10. Стимулирование может осуществляться курсом. Для осуществления способа может применяться переносное устройство в форме очков, наушников, шлема. Техническим результатом является создание способа тренировки головного мозга, в котором пространственно-временная сложность стимулирующих мозг сигналов будет приближена к естественной динамике активности здорового мозга.

**B1**

**033906**

**033906  
B1**

Изобретение относится к области биологии и медицины и может быть использовано в биомедицинских технологиях.

Способ предназначен для исследований, тренировки и лечения головного мозга с целью изучения и улучшения его активности и когнитивных способностей путем стимулирования сложноструктурированными оптическими, звуковыми и другими сигналами, приближенными по динамике к активности здорового головного мозга.

На сегодняшнем уровне технического развития способы улучшения памяти и других ментальных способностей включают различные компьютерные игры и обучающие программы, а также аудио- и зрительные стимуляторы.

Методы аудиовизуальной стимуляции мозга используют известный феномен "увлечения мозговых волн" (УМВ) - естественное свойство человеческого мозга синхронизировать ритмы активности с ритмом внешнего воздействующего фактора, а также представления о связи активности в отдельных диапазонах ЭЭГ с конкретными ментальными функциями. При этом предлагается использовать для стимулирования мозга детерминированные периодические колебания параметров сигнала на выбранной (таргетной) частоте при наиболее частом применении частоты альфа-ритма (около 10 Гц), способствующей релаксации и медитации, а также бинауральные биения. Альтернативно, некоторые программы предлагают режимы непериодической стимуляции (ритмы стохастической динамики). Наиболее известны реализованные в смартфонах технологии The Brain Evolution System, Mind Flavors®, Mind Workstation, Neuro-Programmer 3 (NP3) и другие.

Имеются также другие технологии свето-, цвето-, электро- и магнитостимуляции, создающих ахроматические или цветовые мелькания, как правило, предъявляемые с постоянной частотой альфа-ритма и бета-ритма, характеризующего работоспособность и концентрацию внимания. Эти технологии предлагаются так же, как методы психоэмоциональной коррекции, например, с помощью аппарата АПЭК (<http://www.niipp.ru/catalog/detail.php?ID=215>) и лампы для коррекции депрессивного состояния (<http://flashsiberia.com/news/tomskie-uchenye-razrabotali-lampu-pomogavushchuyu-vyuti-iz-depressii>).

Общим недостатком этих технологий является использование для стимулирования мозга периодических сигналов с детерминированной динамикой.

Учитывая современные научные представления, аудио- или световая стимуляция головного мозга периодическими ритмами или, наоборот, сигналами, имеющими полностью случайную, стохастическую динамику, не способна восстановить фрактальную сложность ритмов здоровых физиологических функций, а в некоторых случаях возможен риск получения негативных эффектов.

Основанием для такого вывода служат результаты научных исследований, показавшие, что ритм здоровых функций организма, включая корковую активность, имеет высококоррелированную детерминировано-хаотическую (фрактальную) динамику со спектральной плотностью мощности, приближенной к  $1/f^1$  [1-4]. В то же время, старение человека, воздействие стрессовых факторов и болезней приводят к потере дальних корреляций и возникновению полностью некоррелированной стохастической динамики (приближенной к белому шуму,  $1/f^0$ ) или детерминированному процессу (физиологический ритм, близкий к периодическим или квазипериодическим колебаниям) [5-7]. Нарушение сложности ЭЭГ документировано у больных шизофренией и при депрессивных расстройствах [8].

Известна технология [3-Point Dynamic Entrapment Audio Process <http://altered-states.net/barry/update201/3pdeap.htm>] - для тренировки мозга от the Brain Evolution System в виде программы звуковой стимуляции в мобильном приложении, один из режимов которой предусматривает нелинейную динамику аудиостимуляции путем случайного наложения нескольких сигналов. Предлагается т.н. "трехточечный динамический процесс УВМ", включающий (1) бинауральные ритмы, (2) УВМ на отдельных частотах и (3) изменяющийся во времени процесс УВМ (Temporal Brainwave Entrainment).

Звуковая стимуляция в режиме Temporal Brainwave Entrainment была создана согласно рекламе производителей для того, чтобы придать нелинейность динамике колебаний звукового сигнала, учитывая нелинейный характер флуктуации ритмов ЭЭГ. Однако недостатком этой технологии является физиологически необоснованный выбор параметров флуктуации, которые не соответствуют характеристикам фрактальных процессов вообще и, в частности, динамике активности здорового мозга.

Используя другой научный подход, в качестве тренажеров для мозга применяют специальные компьютерные игры и обучающие программы (в том числе в мобильных приложениях), применение которых основано на внутренне присущем головному мозгу свойству пластичности и его способности совершенствовать нейронные сети через формирование человеком новых навыков и повторяющиеся тренировки [9-12].

Среди видеоигр для мозга и обучающих программ для тренировки когнитивных способностей наиболее известны и популярны технологии компаний Lumosity, Elevate, CogniFit и некоторые другие. Наборы коротких видеоигр направлены на развитие отдельных умственных способностей и специальных навыков, включая внимание, рабочую память, скорость мышления, гибкость в решении проблем и пр.

Лидером на рынке видеоигр-тренажеров для мозга является компания Lumosity.com. (<https://www.lumosity.com/>).

Недостатком программ Lumosity.com и других обучающих технологий является то, что не учитыва-

ется существование физиологических особенностей, накладывающих объективные ограничения на эффективность обучения, основанного на пластичности головного мозга. Ограничения эти связаны с тем, что по сравнению с ранним периодом развития ребенка, у взрослого и тем более у пожилого человека, а также в стрессовых ситуациях и при неврологических и психических расстройствах снижен потенциал нейропластичности [13], что неизбежно ограничивает положительный эффект когнитивных тренировок.

Сегодня ведется активный поиск путей реактивации пластичности взрослого и стареющего мозга для повышения эффективности лечения нейродегенеративной патологии, последствий травм и инсультов головного мозга и коррекции поведения. Показано, что потенциал пластичности можно усилить с помощью различных обучающих технологий, включая физические и перцептивные тренировки, созданные в рамках концепции "обогащения среды" ("Environmental Enrichment") [14, 15]. Отметим, что эффективность разработанных программ и технологий пока не достаточно велика и не подтверждена на высоком уровне доказательной медицины. Например, полезный эффект технологий виртуальной реальности и физиотерапии, направленных на улучшение динамики походки при болезни Паркинсона, был признан "слабым" или "очень слабым" [16].

Предлагается решить эту проблему, активируя, усиливая потенциал синаптической пластичности стимуляцией сложноструктурированными сигналами фрактальной динамики. Воздействие стимуляции на когнитивные функции, особенно у здоровых людей, будет опосредоваться также через феномен УМВ путем синхронизации ритма корковой активности с фрактальным ритмом стимулирующего воздействия.

Согласно теории "фрактальности ощущений" [17] экспозиция человека к фрактальной световой среде, обладающей свойствами временной и масштабной инвариантности, необходима для нормального развития, поддержания здоровья и физиологически нормального старения ЦНС. Из теории следует, что фрактальная зрительная стимуляция может способствовать повышению эффективности восстановления активности головного мозга и умственной деятельности у здоровых людей и лиц, страдающих неврологическими и психиатрическими расстройствами, в том числе в восстановительный период после травм и инсультов головного мозга и при психоэмоциональных расстройствах через реактивацию синаптической пластичности [18-21]. В нашей публикации 2013 г. впервые была предложена гипотеза о целесообразности использования фрактальной терапии световыми сигналами для лечения нейродегенеративной патологии сетчатки и головного мозга, амблиопии и других нарушений развития и старения через механизмы нейропластичности [18].

В недавнем аналитическом исследовании нами также были представлены обоснования перспективности применения фрактальной стимуляции сложноструктурированными сигналами не только у пациентов с заболеваниями и повреждениями головного мозга, но и в качестве способа тренировки когнитивных функций [21].

Известна iAwake технология The Spark ("Искра") (<http://www.iawaketechnologies.com/product/the-spark/>), названная технологией фрактального звука или фрактальным увлечением (Fractal Sound Technology или Fractal Entrainment). Предполагается, что технология фрактального увлечения формирует сосредоточенность, повышает когнитивные способности и способствует эмоциональному балансу путем эффекта "резонанса" ритмов активности мозга и фрактального звукового ритма.

Недостатком технологии является отсутствие технических характеристик, доказывающих фрактальность синтезированных звуковых сигналов, и физическую природу "резонанса", рассматриваемого в качестве механизма полезного эффекта стимуляции.

Известен способ фрактальной стимуляции, основанный на использовании устройства [22] - генератора фрактальных мельканий для биомедицинских исследований, предназначенного для генерации неоднородно мелькающего фона - динамического светового фрактала, в котором инвариантными во времени являются флуктуации интервалов между вспышками.

Недостатком [22] является невозможность создавать сложноструктурированные сигналы нужной фрактальной размерности в диапазоне  $1 < D < 2$ , что не позволяет приблизить сложность стимулирующего сигнала к динамике активности здорового мозга.

В работе Cheng W. и соавт. [23] отмечалось, что фрактальный режим стимуляции целесообразно применять также при лечении различных заболеваний при стимуляционной терапии с сигналами разнообразной природы.

Изобретение Cheng W. "Способ и устройство фрактальной стимуляции" (WO/2015/131770 Fractal stimulation method and device PCT/CN2015/073241, Cheng, Weyland) является наиболее близким по существу заявляемого изобретения и принято нами за прототип.

В прототипе для оптимального лечения болезней человека предлагается выполнение стимуляционной терапии серией предварительно запрограммированных стимулов, включая электрическую, магнитную стимуляцию, механическую, слуховую и фотостимуляцию с использованием фрактального режима. Способ предполагает регулируемое изменение таких параметров, как амплитуда, интенсивность, длина волны, частота, движение, ритм и пульс. Параметры настраиваются так, чтобы они соответствовали фрактальной схеме, и отличались от периодической, случайной или хаотичной динамики в типичных устройствах стимуляции. Таким образом, формула и описание данного изобретения по данным PatentScore не регламентируют требования к структуре стимулирующих сигналов.

Недостатком предложенного метода "WO/2015/131770 Fractal stimulation method and device PCT/CN2015/073241" [24] является отсутствие обоснованного выбора параметров фрактальной стимуляционной терапии, учитывающих динамику нормальных физиологических процессов. В назначении данного способа также отсутствует возможность использования фрактальной стимуляции для тренировки здорового мозга.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является создание способа тренировки головного мозга, в котором пространственно-временная сложность стимулирующих мозг сигналов будет приближена к естественной динамике активности здорового мозга.

Указанный технический результат достигается тем, что способ тренировки головного мозга включает его стимулирование сложноструктурированными сигналами различной сенсорной модальности (световые, звуковые, вибрационные) и иной физической природы или их комбинацией. Пространственно-временная структура этих сигналов имеет фрактальную размерность Хаусдорфа-Безиковича, регулируемую в диапазоне от 1 до 2 для биомедицинских технологий и уровень самоподобия от 2 до 10. Для тренировок здорового головного мозга устанавливают фрактальную размерность в диапазоне от 1,1 до 1,6. Стимуляцию проводят курсом по 5-30 сеансов при длительности одного сеанса стимуляции от 5 до 30 мин и частоте проведения сеансов от одного раза в день до двух раз в неделю. Стимулирование проводят с помощью генератора сложноструктурированных оптических, аудио-, комбинированных аудиовизуальных сигналов или механических вибраций, смонтированного в стационарное или легкое переносное устройство в форме очков, наушников, шлема или иной конструкции, или световые, звуковые и комбинированные аудиовизуальные сложноструктурированные сигналы создаются в смартфоне и управляются программой-приложением для мобильных устройств.

Заявляемое изобретение осуществляют, например, следующим путем.

Человек или биообъект располагается на расчетном расстоянии перед генератором, смонтированным в стационарном или легком переносном устройстве в форме очков, наушников, шлема или иной конструкции, соответствующей конкретной задаче. Для генератора, выполненного в виде мобильного приложения, человек располагается перед экраном смартфона, находящимся в руке или в устройстве-держателе любой конструкции.

Включают устройство, генерирующее сложноструктурированные сигналы нужной модальности (оптические, звуковые, комбинированные аудиовизуальные сигналы, механическую вибрацию), и выбирают программу фрактальной стимуляции или тренировочную программу на мобильном приложении с фрактальной размерностью Хаусдорфа-Безиковича от 1 до 2 и уровень самоподобия от 2 до 10 в зависимости от целей стимуляции.

Выполняют сеанс тренировки или лечебной стимуляции головного мозга. Длительность тренировок составляет в зависимости от цели и режима стимуляции от 5 до 30 мин, курс тренировок включает 5-30 сеансов, частота проведения сеансов от одного раза в день до двух раз в неделю, в одно и то же время, предпочтительно в первую половину дня. При использовании для стимуляции сложноструктурированных оптических сигналов рекомендуются утренние часы тренировок с 8 до 11 ч.

Пример 1.

Человека удобно располагают в кресле, надевают очки с смонтированным в них генератором сложноструктурированных оптических сигналов. Включают прибор и устанавливают программу световой фрактальной стимуляции с размерностью Хаусдорфа-Безиковича 1,6 и уровнем самоподобия, равным 4. Для тренировки головного мозга стимуляцию выполняют в течение 10 мин в день с 8 до 11 ч утра. В зависимости от уровня физической и психоэмоциональной нагрузки и стрессовых ситуаций, испытываемых данным реципиентом в жизненных ситуациях, тренировку для мозга повторяют пять дней в неделю на протяжении двух-четырех недель с последующим перерывом на один месяц и более.

Пример 2.

Человек использует для тренировки мозга мобильное приложение с программой стимуляции сложноструктурированными оптическими сигналами. Для проведения тренировки человек принимает удобную позу в положении сидя или лежа. Смартфон или планшет крепится стационарно с помощью держателя для мобильных устройств или смартфон вставляется в портативные очки виртуальной реальности или в рамку-держатель любой конструкции. Включается приложение и устанавливается программа фрактальной стимуляции с размерностью Хаусдорфа-Безиковича 1,2-1,4 и уровнем самоподобия, равным 3. Тренировку головного мозга с помощью стимуляции сложноструктурированными оптическими сигналами выполняют в первой половине дня, в течение 5-10 мин в день. Курсы стимуляции в зависимости от психоэмоционального состояния реципиента составляют от одной до пяти недель с последующим перерывом на две недели или более.

Пример 3.

Биообъект, например, нокаутных мышей с моделью болезни Альцгеймера и здоровых контрольных животных того же возраста располагают в клетках между стационарными излучателями сложноструктурированных оптических и звуковых сигналов. В серии экспериментов в одной или нескольких подгруппах животных устанавливают различные параметры фрактальной аудиовизуальной стимуляции, например размерность Хаусдорфа-Безиковича 1,1, 1,5 и 1,8 при уровне самоподобия 4. Для исследования воз-

действия сочетанных сложноструктурированных оптических и звуковых сигналов на структуру нейронных соединений и активность головного мозга стимуляцию выполняют в течение 20 мин ежедневно или в течение пяти дней в неделю на протяжении шести недель. При этом электрофизиологические и поведенческие исследования выполняют до и после курса стимуляционной терапии. Сравнивают полученные результаты для разных параметров стимуляции во всех группах животных с исходными значениями и данными, полученными в контрольной группе.

Пример 4.

Пациента в реабилитационном периоде после инсульта головного мозга удобно располагают в кресле, надевают очки с вмонтированным в них генератором сложноструктурированных оптических сигналов. Устанавливают программу фрактальной стимуляции с размерностью Хаусдорфа-Безиковича 1,4 и уровнем самоподобия, равным 3. Для повышения эффективности восстановления структуры и активности головного мозга и улучшения когнитивных функций стимуляцию головного мозга выполняют в течение 15 мин ежедневно в первой половине дня на протяжении двух-четырёх недель с последующим перерывом на две недели и более.

Преимуществом заявленного способа является использование пространственно-временной структуры сигналов, стимулирующих головной мозг, которая соответствует динамике физиологических процессов в здоровом мозге с учетом современных научных представлений.

#### **Обоснование отличительных свойств заявляемого изобретения**

30 лет назад была выдвинута концепция, утверждающая, что здоровый мозг функционирует в состоянии т.н. "самоорганизованной критичности" [25] - состоянии системы, в котором она спонтанно самоорганизуется для того, чтобы быть готовой действовать в критической точке между порядком и случайностью. Последующие исследования подтвердили, что нейрональные системы работают в критической точке, где оптимизирована сложность этих систем, и характеризуются фрактальным масштабированием (инвариантны во времени) [26-28].

Предполагается, что применение нелинейных режимов стимуляции будет способствовать улучшению физиологических функций и когнитивной способности человека за счет восстановления нейрональных связей и фрактальной сложности активности головного мозга [19, 20]. Можно ожидать, что применение нелинейных технологий будет эффективным при тяжелой нагрузке и действии стрессорных факторов среды, поскольку восстановление сложной нелинейной динамики способствует поддержанию высокого уровня обработки информации и расширению адаптационного резерва мозга.

Таким образом, применение технологий нелинейной стимуляции перспективно в терапии неврологических расстройств и травм головного мозга для повышения эффективности восстановления его анатомической и функциональной структуры, когнитивных функций и поведения человека. Применение физиологически адекватных технологий нелинейных воздействий может быть полезно для замедления и предотвращения возрастного ослабления когнитивных функций, в программах реабилитации и восстановления работоспособности здоровых лиц отдельных профессий при тяжелой физической или психологической нагрузке и у спортсменов [19, 20, 29].

Исследования показывают, что большинство музыкальных композиций имеют спектр розового шума [30]. Наиболее комфортно воспринимается музыка с фрактальной размерностью 1,4 [31, 32]. Выполненный С.Д. Пьянковой [33] анализ данных литературы по взаимосвязи оценок эстетической привлекательности и сложности объектов архитектуры, музыки и живописи с их фрактальной размерностью показал, что наибольшей эстетической привлекательностью обладают объекты со средней фрактальной размерностью от 1,1 до 1,5.

В некоторых работах мелькающие зрительные стимулы использовались для целенаправленного изменения корковой активности и улучшения эпизодической памяти [34, 35] и показано, что мелькания частотой 9,5-11,0 Гц облегчали запоминание односложного слова и извлечение его из памяти и у молодых и у пожилых взрослых. У пожилых людей с нормальными ментальными способностями вспоминание слова в отдаленный период времени после его запоминания существенно улучшалось только после предъявления мельканий с частотой, близкой к 10,2 Гц, но не ниже 9,0 или выше 11,0 Гц [34]. Учитывая эти данные, в стимуляционной терапии оправдано применение фрактальных модулированных сигналов с несущей частотой (или фундаментальной гармоникой) около 10 Гц (от 9 до 11 Гц).

Учитывая данные научной литературы, в качестве перспективной для повышения когнитивных функций и улучшения активности представляется фрактальная размерность от 1,1 до 1,6 (оптимально, учитывая влияние музыки, -1,2-1,4). Для расширения биомедицинских исследований в устройстве предусмотрен выбор фрактальной размерности сигнала в диапазоне от 1 до 2.

С другой стороны, имеются данные о том, что близкая к этой фрактальной размерности характеризует геометрию анатомических структур, например ветвления сосудов на глазном дне [36] и дендритов нейронов в здоровом головном мозге [37, 38], и сложность ветвления теряется при патологии.

Таким образом, существующие научные представления позволили обосновать оптимальные условия фрактальной стимуляции, включая выбор фрактальной размерности. Количество уровней самоподобия мы определили (расширив его для биомедицинских исследований), учитывая, что биологические объекты редко бывают самоподобными при увеличении более чем в 4 раза [39].

**Область применения и новизна изобретения**

Предполагаемое изобретение полезно для ускорения восстановления, улучшения или поддержания мыслительной деятельности людей в их повседневной жизни, в медицине и спорте.

Способ может осуществляться с помощью генераторов сложноструктурированных сигналов в стимуляторах и тренажерах головного мозга в кабинетах физиотерапии и психологической разгрузки, реабилитационных центрах, в медицинских и спортивных учреждениях и в домашних условиях.

Применение заявляемого способа будет способствовать улучшению психоэмоционального состояния и умственных способностей после психологической нагрузки, в стрессовых ситуациях и при напряженном умственном или физическом труде, поддержанию когнитивных функций у пожилых лиц, улучшению результатов лечения и реабилитации пациентов после травм и инсультов головного мозга и другой неврологической и психиатрической патологии.

Комбинированное применение заявленного способа тренировки головного мозга с другими средствами терапии позволит повысить эффективность существующих реабилитационных мероприятий, обеспечить их проведение с меньшей затратой лечебных препаратов, труда и времени медицинских работников, с наименьшим ущербом для здоровья пациентов по сравнению с традиционной терапией без использования генераторов сложноструктурированных сигналов.

Предполагаемое изобретение удовлетворяет критериям новизны, так как при определении уровня техники не обнаружено способов и устройств, которым присущи идентичные признаки, совпадающие по исполняемой ими функции и форме выполнения этих признаков всем признакам, перечисленным в формуле изобретения, включая характеристику назначения.

## Использованные источники.

1. Sejdíć E., Lipsitz L.A. Necessity of noise in physiology and medicine. *Comput. Methods Programs Biomed.* 2013;111(2):459.
2. Goldberger A.L., Amaral L.A.N., Hausdor L.M. et al. Fractal dynamics in physiology: Alterations with disease and aging. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 2002; 99:2466.
3. Tan C.O., Cohen M.A., Eckberg D.L., Taylor J.A. Fractal properties of human heart period variability: physiological and methodological implications. *J. Physiol.* 2009; 1:3929;
4. Manor B., Lipsitz L.A. Physiologic complexity and aging: implications for physical function and rehabilitation. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry.* 2013;45:287.
5. Peng C.K., Mietus J.E., Liu, Y. et al. Quantifying fractal dynamics of human respiration: age and gender effects. *Ann. Biomed. Eng.* 2002; 30:683.
6. Lipsitz L.A., Goldberger A.L. Loss of "complexity" and aging. *JAMA.* 1992; 267(13): 1806.
7. Geula C. Abnormalities of neural circuitry in Alzheimer's disease: hippocampus and cortical cholinergic innervation. *Neurology.* 1998; 51(Suppl 1):S18.
8. Li Y., Tong S., Liu D. et al. Abnormal EEG complexity in patients with schizophrenia and depression. *Clin Neurophysiol.* 2008; 119(6):1232.
9. Nithianantharajah J., Hannan A.J. The neurobiology of brain and cognitive reserve: mental and physical activity as modulators of brain disorders. *Prog. Neurobiol.* 2009; 89:369.
10. Mahncke H.W., Connor B.B., Appelman J. et al. Memory enhancement in healthy older adults using a brain plasticity-based training program: a randomized, controlled study. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2006;103(33):12523.
11. Smith G.E., Housen P., Yaffe K. et al. A cognitive training program based on principles of brain plasticity: results from the improvement in memory

with plasticity-based adaptive cognitive training (IMPACT) study. *J. Am. Geriatr. Soc.* 2009; 57:594.

12. Foster P.P., Rosenblatt K.P., Kuljiš R.O. Exercise-induced cognitive plasticity, implications for mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Front. Neurol.* 2011; 2:28.

13. Pascual-Leone A., Freitas C., Oberman L. et al. Characterizing brain cortical plasticity and network dynamics across the age-span in health and disease with TMS-EEG and TMS-fMRI. *Brain Topogr.* 2011; 24: 302

14. Alwis D.S., Rajan R. Environmental enrichment and the sensory brain: the role of enrichment in remediating brain injury. *Front. Syst. Neurosci.* 2014; 8:156.

15. Maya-Vetencourt J.F., Origlia N. Visual cortex plasticity: a complex interplay of genetic and environmental influences. *Neural Plast.* 2012:14.

16. Dockx K. et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2016;12:CD010760.

17. Zueva MV (2015) Fractality of sensations and the brain health: the theory linking neurodegenerative disorder with distortion of spatial and temporal scale-invariance and fractal complexity of the visible world. *Front. Aging Neurosci.* 7:135. doi: [10.3389/fnagi.2015.00135](https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00135)

18. Zueva M.V. Dynamic Fractal Flickering as a Tool in Research of Non-Linear Dynamics of the Evoked Activity of a Visual System and the Possible Basis for New Diagnostics and Treatment of Neurodegenerative Diseases of the Retina and Brain. *World Applied Sciences Journal* 27 (4): 462-468, January 2013. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.27.04.13657 ISSN 1818-4952, © IDOSI Publications, 2013

19. Zueva M. Nonlinear impacts on human brain for recovering of physiological and mental activity and for rehabilitation in extreme ambient conditions. *J. Neurol. Neurophysiol.* 2017; 8(1):30. (Suppl) Proceedings of 10<sup>th</sup> International Conference on Neuroscience and Neurochemistry.



<http://dx.doi.org/10.4172/2155-9562.C.1.042>

20. Zueva M.V. Nonlinear impacts of a complex dynamics as the physiologically adequate method of weakening of the crowd phenomenon and restoration of critical thinking in stress situations. *EC Neurology*. 2017; 5(5): 197-200.
21. Zueva M.V. Prospects of application of nonlinear impacts on the human brain to improve the dynamics of the activity of the brain. *Int. J. Adv. Res.* 2017; 5(8): 250-269. <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/5058>
22. Зуева М.В., Спиридонов И.Н., Семенова Н.А., Резвых С.В. Генератор фрактальных мельканий для биомедицинских исследований. Патент РФ RU2014107497А, 20.04.2015
23. Cheng W., Law P.K., Kwan H.C., Cheng R.S. Stimulation Therapies and the Relevance of Fractal Dynamics to the Treatment of Diseases. *OJRM*. 2014; 3:73.
24. Cheng W. WO/2015/131770 Fractal stimulation method and device PCT/cn2015/073241.
25. Bak P, Tang C, Wiesenfeld K. Self-organized criticality: An explanation of the 1/f noise. *Phys. Rev. Lett.* 1987; 59(4):381.
26. Kitzbichler M.G., Smith M.L., Christensen S.R., Bullmore E. Broadband Criticality of Human Brain Network Synchronization. *PLoS Comput. Biol.* 2009;5(3): e1000314.
27. Bilder R.M., Knudsen K.S. Creative cognition and systems biology on the edge of chaos. *Front. Psychol.*, 2014;30.
28. Timme N.M., Marshall N.J., Bennett N. et al. Criticality Maximizes Complexity in Neural Tissue. *Front. Physiol.*, 2016; 7:425.
29. Зуева М.В. Перспективы применения нелинейных световых эффектов для усиления и сохранения функции зрительной системы и головного мозга человека в экстремальных условиях. *Авиакосмическая и*

экологическая медицина. 2016; 50 (5 Спецвыпуск): 86-87.

30. Bigerelle M., lost A. Fractal dimension and classification of music. *Chaos Solitons & Fractals*. 2000;11(14):2179

31. Hazard C., Kimport C., Johnson D. Fractal Music. Research Project. 1998-1999. Available at <http://www.tursiops.cc/fm>

32. Jausovec N., Jausovec K., Gerlic I. The influence of Mozart's music on brain activity in the process of learning. *Clin. Neurophysiol.* 2006;117(12):2703. doi:10.1016/j.clinph.2006.08.010

33. Пьянкова С.Д. Фрактально аналитические исследования в психологии: особенности восприятия самоподобных объектов. Психологические исследования. 2016; Том 9, №46, С.12. URL: <http://psystudy.ru/index.php/eng/v9n46e/1278-pyankova46.html>

34. Williams J.H. Frequency-specific effects of flicker on recognition memory. *Neuroscience* 2001; 104:283.

35. Williams J., Ramaswamy D., Oulhaj A. 10 Hz flicker improves recognition memory in older people. *BMC Neurosci.* 2006; 7(5):21.

36. Зуева М.В. Нелинейные фракталы: приложение в физиологии и офтальмологии. *Офтальмология*. 2014; 11(1): 5-12.

37. Tosevski J., Sazdanovic P., Zivanovic-Macuzic I., Stankovic Vulovic M., Jeremic D., Milosevic N., Ristanovic D. Fractal analysis of dendritic arborization patterns of pyramidal neurons in human basolateral amygdala *Annals of General Psychiatry* 2008; 7(Suppl 1): S141. <https://doi.org/10.1186/1744-859X-7-S1-S141>

38. Puškaš N., Zaletel I., Stefanović B.D, Ristanović D. Fractal dimension of apical dendritic arborization differs in the superficial and the deep pyramidal neurons of the rat cerebral neocortex. *Neuroscience Letters*. 2015; 589: 88-91.

39. West, G.B., Brown, J.H., and Enquist, B.J. (1999). The fourth dimension of life: Fractal geometry and allometric scaling of organisms. *Science*. 284(5420), 1677-1679. doi: 10.1126/science.284.5420.1677

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ улучшения активности и когнитивных способностей головного мозга, включающий его стимулирование оптическими, звуковыми сигналами сенсорной модальности или их комбинацией, отличающийся тем, что пространственно-временная структура сигналов имеет фрактальную размерность Хаусдорфа-Безиковича, регулируемую в диапазоне от 1 до 2, и уровень самоподобия от 2 до 10, при этом стимуляцию проводят курсом, состоящим из 5-30 сеансов при длительности одного сеанса стимуляции от 5 до 30 мин и при частоте проведения сеансов от одного раза в день до одного раза в неделю.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что фрактальную размерность сигналов устанавливают в диапазоне от 1,1 до 1,6.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что для оптических, звуковых или комбинированных сигналов или механических вибраций стимулирование проводят с помощью генератора, смонтированного в стационарное устройство или легкое переносное устройство в форме очков, наушников, шлема.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2