

УДК 612.821

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АЛГОРИТМИЗАЦИЯ В БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ИГРОВОГО ТРЕНИНГА

Макконен К.Ф., Пятакович Ф.А.

Белгородский государственный университет

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

В статье на основе системного анализа рассмотрены принципы моделирования биоуправляемого автомобильного тренинга. Разработаны две модели реализации игрового сюжета: стратегия, направленная на избегание неудачи и стратегия, направленная на достижение успеха. Сформированы алгоритмы оценки успешности и эффективности тренинга, реализованные на основе мультипараметрической обратной связи, вычисляемые непрерывно в ходе игры.

Актуальность работы

Необходимость разработки биотехнических систем с различными вариантами биоуправления определяется ростом большой группы заболеваний, обозначаемых такими понятиями, как психосоматические расстройства, болезни регуляции и другие [4, 5, 7, 9, 12, 15, 17, 18].

Существуют различные виды нейробиоуправления в виде альфа-, тета-, бета-тренинга [12], капнографического дыхательного тренинга, где параметром биологической обратной связи выступает количество CO₂ в выдыхаемом воздухе, тренинга с использованием частоты сердечных сокращений, компьютерного тренинга в виде игрового биоуправления [1, 6, 11, 13].

Следует подчеркнуть, что использование различных модальностей биологической обратной связи в игровых системах тренинга привело к расширению арсенала игр, но не решило проблемы оптимизации игрового воздействия [6].

Из анализа литературы следует, что при использовании различных форм соревновательного игрового тренинга разработчики игр используют замедление частоты пульса как показатель успешности. Причем время достижения цели в каждом последующем сеансе ставят в зависимость от средней частоты пульса, достигнутой реальным соперником в предыдущем сеансе. Однако существуют известные фи-

зиологические лимиты замедления частоты сердечных сокращений, накладывающие ограничения на достижение успеха в каждом последующем сеансе.

Фундаментальные исследования, проведенные на уровне клетки, ткани, органа, показали, что биологические коды являются многочастотными, а эффективность их зависит от определенного соотношения в сложно модулированном суммарном сигнале [7, 8, 9]. Также было установлено, что одночастотные воздействия организмом активно демпфируются на адресуемом уровне за счет выше- и нижележащих уровней гомеостатической регуляции [2].

Поэтому хронобиологические методы, основанные на мультипараметрической биологической обратной связи, относятся к наиболее корректным способам оптимизации воздействия при помощи любых технологий лечения [5, 6, 8, 9, 10].

Таким образом, разработка программно-управляемых способов управления игровой ситуацией с использованием мультипараметрической биологической обратной связи относится к актуальным задачам, существенно расширяющим эффективность лечения при помощи компьютерных игровых технологий реабилитации различных заболеваний человека.

Работа выполнена при поддержке проекта РНП.2.2.3.3.3301 аналитической ведомственной целевой программы «Раз-

витие научного потенциала высшей школы (2006-2008 годы)», а также в соответствии с планами проблемной комиссии по хронобиологии и хрономедицине РАМН и научным направлением медицинского факультета БелГУ «Разработка универсальных методологических приемов хронодиагностики и биоуправления на основе биоциклических моделей и алгоритмов с использованием параметров биологической обратной связи».

Цель исследования: усиление эффективности игрового тренинга посредством направленного использования параметров биологической обратной связи в виде частоты пульса, дыхания и их соотношений.

Задачи исследования:

1. Сформировать модели игрового сюжета, управляемого физиологическими параметрами пульса, дыхания и их соотношениями.

2. Разработать алгоритмы ввода электрофизиологической информации, позволяющие регистрировать, обрабатывать и математически анализировать физиологический сигнал в режиме реального времени.

3. Сформировать структуру алгоритма управляющего виртуальной игрой.

4. Разработать структуру биотехнической системы игрового тренинга.

Методы исследования: В работе использованы методы системного анализа, моделирования, математической статистики, методы регистрации и анализа электрофизиологической информации в виде ритмотестирования, датчика пульса и дыхания.

Игровая среда обитания представляет автомобильные дороги, которые проходят внутри кварталов города, а также по пересеченной местности. В игре принимают участие два автомобиля. Первый автомобиль управляется величинами соответствующими физиологическим параметрам пульса, дыхания и их соотношениям пациента. Вторым автомобилем управляет программа в соответствии с заданными параметрами игры.

Игра начинается с совместного старта двух автомобилей, в виртуальном городе. Игра построена таким образом, что

при каждом новом круге автомобиля движутся по маршруту, отличающемуся от предыдущего. Это сделано для того, чтобы у пациента во время тренинга не возникало ощущения однотипности и прямолинейности сюжета.

Управление автомобилем, то есть изменение его положения относительно авто соперника осуществляется по специально разработанным алгоритмам.

Управляющим отношением является частота пульса / частота дыхания.

При удовлетворительном соотношении пульса и дыхания, автомобиль пациента выходит на лидирующую позицию. В противном случае на лидирующую позицию выходит автомобиль виртуального соперника.

Для сохранения игровой стрессовой ситуации оба автомобиля хорошо видны пациенту, то есть если пациент проигрывает, то автомобиль противника остаётся в зоне видимости и наоборот.

Тренинг, реализующий стратегию на избегание неудачи, направлен на минимизацию затрат, сбережение энергетических ресурсов и связан со снижением частоты пульса и повышением амплитуды альфа ритма.

Для расчета оценки уровня испытываемого в данный момент времени человеком стресса вычисляется показатель стресса (ПС) по формуле [13]:

$$ПС = m^{1/3} * ТЧСС * \Delta_{арт} * 0,000126$$

где m – масса тела в кг; $\Delta_{арт} = D_{max} - D_{min}$ Разница максимального и минимального артериального давления; ТЧСС – текущая частота сердечных сокращений.

В процессе игры производят вычисления показателя ТЧСС, как число 60, деленное, на межпульсовый интервал (60 / RR).

В соответствии с условиями делается заключение об уровне испытываемого сердечно-сосудистой системой стресса – показатель стресса (ПС):

Если $1,00 \leq ПС \leq 1,50$ – норма;

Если $1,51 \leq ПС \leq 2,00$ – умеренно выраженный стресс;

Если $ПС > 2,00$ – выраженный стресс.

Вычисление разницы между текущей (ТЧСС) и должной (ДЧСС) частотой

сердечных сокращений позволяет определить направление тренда пульса: норморитмия, тахиритмия, брадиритмия. Разница высчитывается по формуле: $\Delta\text{ЧСС} = 100 (\text{ТЧСС} - \text{ДЧСС})$, где $\Delta\text{ЧСС}$ - искомый показатель в %, а $\text{ДЧСС} = 48 * (\text{A/B})^{1/3}$, или $48 * \sqrt[3]{\text{A/B}}$, где А – рост в сантиметрах, а В – масса тела в килограммах [14].

При этом о тахи- или брадиритмии говорят, если $\Delta\text{ЧСС} > 5\%$.

Все показатели, рассмотренной формулы вычисляются дважды: в фоновом периоде и после сеанса тренинга. Соотношения пульса и дыхания вычисляются непрерывно в ходе игры.

В случае если отношение числа ударов пульса находится в диапазоне $10 \geq T > 5,0$ – включен зеленый индикатор, при отношении больше десяти индикация меняется на желтый свет, а при отношении меньше четырех индикатор приобретает красный свет.

При появлении красного света тренирующемуся человеку рекомендуют более медленное и глубокое дыхание до включения зеленого света.

При отображении желтого света выполняющему тренинг субъекту рекомендуют поверхностное и частое дыхание до появления на индикаторе зеленого света.

Для выполнения рассмотренных выше условий пациенту необходимо, как можно дольше поддерживать разность текущей частоты сердечных сокращений и должной частоты сердечных сокращений с отрицательным знаком, иначе говоря, иметь тренд в направлении брадиритмии. Следовательно, стратегия тренирующегося человека заключается в умении поддерживать в активном состоянии холинергические механизмы регулирования автономной нервной системы.

Реализация игровой стратегии с установкой на успех определяется иным видом операторской деятельности. Подобный вид операторской деятельности требует использования психофизиологических ресурсов активации, направленных на прирост частоты сердечных сокращений, снижение амплитуды альфа - ритма и рост амплитуды бета - ритма. Использование

стратегии на успех реализуется мобилизацией игрока и, связанного с этим положительного приращения частоты сердечных сокращений, когда $T < 4,0$ и последующего возрастания скорости игрового объекта. При расслабленном состоянии игрока и отрицательном приращении пульса скорость перемещения игрового объекта наименьшая и достижение цели становится проблематичным.

Контрольную функцию чрезмерного учащения частоты сердечных сокращений реализует алгоритм определения дыхательной аритмии сердца и вычисления экспираторно-инспираторного коэффициента.

Успешность тренинга обеспечивается только при умеренном преобладании адренергических механизмов регуляции автономной нервной системы, когда $\text{ПС} > 2$ (умеренный стресс). При этом может быть реализована самая высокая скорость передвижения игрового объекта.

Для достижения поставленной цели была разработана структурная схема аппаратного обеспечения, реализованная в модульном варианте.

Главным управляющим элементом системы является 8-и битный микроконтроллер PIC16F870 фирмы Microchip, работающий на частоте 20 МГц, имеющий в своем составе 2 кБ памяти программ, 128 байт ОЗУ и 64 байт внутренней EEPROM памяти данных. Для организации связи с внешними устройствами в нем предусмотрен модуль универсального синхронно-асинхронного приемо-передатчика USART. Для приема и обработки аналоговых данных в микроконтроллере имеется 5-канальный АЦП. В микроконтроллер на аналоговые входы поступает информация с датчика пульса, датчика дыхания.

В датчике пульса сигнал снимается с оптопары, усиливается в операционном усилителе, в котором также подавляются синфазные составляющие, пропускается через фильтр низких частот, масштабируется (амплитуда сигнала приводится к 5 вольтам) и подается на аналоговый вход АЦП микроконтроллера. В датчике дыхания сигнал снимается с оптопары (состоит из расположенных напротив друг друга

светодиода и фотодиода) и подается на аналоговый вход АЦП микроконтроллера.

С компьютером устройство соединяется по протоколу RS232C. По сигнальным линиям (вход RX и выход TX) приемопередатчика USART микроконтроллер через драйвер RS232C обменивается данными с ЭВМ.

Работа устройства происходит под управлением программных модулей, часть которых хранится во внутренней энергонезависимой Flash памяти программ микроконтроллера.

Процесс управления игрой осуществляется посредством специального алгоритма. В программном модуле происходит инициализация основных регистров микроконтроллера. Эта часть программы отвечает за настройку аппаратно-программных ресурсов микроконтроллера. Далее, согласно программе центральное процессорное устройство переходит в режим ожидания приема управляющих кодов и их трансляции (кодов периодичности оцифровки, и запуска устройства.) (программные модули 3, 4, 5.) В ПМ 6 аналоговые сигналы с входов АЦП 1,2,3 преобразовываются в цифровой вид. В модулях 11,12,13 пакет данных передается по протоколу RS232C в компьютер. Рассматриваемый пакет данных включает: один синхробайт, два байта данных цифрового представления аналога пульса, два байта данных цифрового представления аналога дыхания и один байт контрольной суммы.

Выводы

1. Сформированы модели игрового сюжета, включающие мультипараметрические сигналы обратной связи, в качестве которых используют частоту пульса и дыхания.

2. Разработаны алгоритмы ввода электрофизиологической информации, позволяющие регистрировать, обрабатывать и математически анализировать физиологические сигналы в режиме реального времени.

3. Создана структура алгоритма управляющего виртуальной игрой и реализующего две стратегии операторской деятельности: избегание неудачи и достижение успеха.

4. Разработана структура и макетный образец биотехнической системы виртуального игрового тренинга, реализованная в модульном варианте.

5. Предложены показатели успешности и эффективности реализации двух стратегий, в качестве которых выступают соотношения пульса и дыхания, вычисляемые непрерывно в ходе игры и показатели стресса, определяемые в начале и в конце виртуальной игры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Джафарова, О.А. Игровое биоуправление как технология профилактики стресс-зависимых состояний. / О.А. Джафарова, О.Г. Донская, А.А. Зубков, М.Б. Штарк // Биоуправление-4. Теория и практика.- Новосибирск, 2002. – С.86-96.

2. Загускин, С.Л. Колебания микроструктур и регуляция восстановительных процессов клетки: Автореф. дис. ...докт. биол. наук. - М, 1986. – 32 с.

3. Некоторые теоретические и прикладные аспекты хрономедицины-биоуправляемая терапия./ С.И. Рапопорт, Ф.А. Пятакович, С.Л. Загускин, Т.И. Якунченко. - РАМН. РГМА им. И.М. Сеченова, БелГУ. под ред. академика Ф.И.Комарова.- Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. – 354 с.

4. Пятакович, Ф.А. / Ф.А. Пятакович, Т.И. Якунченко, С.Л. Загускин.// Патент № 2212879 от 27 сентября 2003 г. на изобретение Способ лечения осложненной язвенной болезни желудка и 12-ти перстной кишки при помощи биоуправляемой миллиметровой терапии. Приоритет от 25.01.2002 г.

5. Пятакович, Ф.А. Основные направления развития биоуправляемых технических средств для цветостимуляции и цветотерапии. //Труды V Всероссийского съезда физиотерапевтов и курортологов и Российский научный форум «Физические факторы и здоровье человека». - Москва. 2002. –С. 439 – 445.

6. Макконен, К.Ф. Игровой модуль с реализацией стратегии, направленной на избегание неудачи./ К.Ф. Макконен, Ф.А. Пятакович, А.С. Новоченко. // Фундаментальные исследования. –2007.–№1.– С.70-72.

7. Пятакович, Ф.А. Биоуправляемый индуктор электроэнцефалограммы для лечения синдрома дефицита внимания. / Ф.А. Пятакович, К.Ф. Макконен // Успехи современного естествознания. – 2006. – №5. – С.55-58.
8. Пятакович, Ф.А. Низкочастотные и высокочастотные модели световых веретен соответствующих паттернам электроэнцефалограммы человека в модуле директивной цветостимуляции. / Ф.А. Пятакович, К.Ф. Макконен // Современные проблемы науки и образования. – 2006. – №3. – С. 74-77.
9. Реабилитационные аспекты биоуправляемой директивной цветостимуляции/ Ф.А. Пятакович, К.Ф. Макконен. - Проблемная комиссия хронобиология и хрономедицина РАМН. - Москва: Изд-во «Академия Естествознания, 2007. - 153 с.
10. Шварц, М.С. Современные проблемы биоуправления // Биоуправление-3. Теория и практика. – Новосибирск, 1998. – С.91-102.
11. Штарк, М.Б. Заметки о биоуправлении //Биоуправление –3. Теория и практика. – Новосибирск, 1998. – С. 5-13.
12. Штарк, М.Б. Применение Электроэнцефалографического биофидбека в клинической практике. / М.Б. Штарк, А.Б. Скок. // Биоуправление –3. Теория и практика. – Новосибирск, 1998. – С.130-141.
13. Штарк, М.Б.. Компьютерное игровое биоуправление (семейный и сетевой вариант). / М.Б. Штарк, О.А. Джафарова, А.А. Зубков // Материалы 1-го Российского научного форума «МедКомТех 2003». Москва, ЦЦХ, 25-28 февраля 2003. РАМН «Мораг Экспо». М.: «Авиаиздат», 2003. – С. 242-245.
14. Альтернативный подход к оценке variability сердечного ритма. / Шейх-Заде Ю.Р., Скибицкий В.В., Катханов А.М. и др. // Вестник кардиологии. – 2001. – №22. – С.49-61.
15. Couleurstimulation biodirige./ F.A.Pyatakovich, K.F. Makkonen, U. Hashana. - Ministere de la Jeunesse, des sports Et de l'Education physique. Institut superieur du sport et de l'Education de Ksar-Said. - Republique Tunisienne – 2006.–149 p.
16. Lubar, J.F. Neocortical dynamics: Implications for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention // Applied Psychophysiology and Biofeedback. –1997. – Vol. 22. – P. 111-126.
17. Pyatakovich, F. Therapie controle par millimetre. F./Pyatakovich, T.Yakountchenko // 25-Salon international des invention des techniques et produits nouveaux de Geneve. Catalogue officiel. 11-20 avril 1997. –162 P.
18. Pyatakovich, F.A. Algorithms of control in the biotechnical ultrasound therapy system./ F.A. Pyatakovich, L.YU. Varavina // European journal of natural history. – 2006, №4. –С. 7-10.

MODELING AND ALGORITHMIZATION BIOTECHNICAL SYSTEM OF THE CAR PLAYING TRAINING

Makkonen K.F., Pyatakovich F.A.

Belgorod state university

In article on base of the system analysis are considered principles of modeling biocontrol car training. It is designed two models to realization of the playing plot: strategy, directed on avoid failures and strategy, directed on achievement of the success. The formed algorithms of the estimation to success and efficiency of the training based on multiparameter to biofeedback, calculated in the course of plays continuously.