

УДК 681.5

МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОДНОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ В ИГРОВОМ МОДУЛЕ «XONIX» С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Пятакович Ф.А., Сурушкин М.А.

ГОУ ВПО «Белгородский государственный университет», Белгород,
e-mail: Surushkin@bsu.edu.ru

В качестве способа увеличения эффективности управления функциональным состоянием человека разработан метод мультипараметрического игрового биоуправления, основанный на фундаментальных принципах хронобиологии и использующий сигналы в виде частоты пульса, дыхания и их соотношения, а также алгоритмы биоуправляемой цветостимуляции.

Ключевые слова: мультипараметрическое биоуправление, биоуправляемый игровой тренинг

Актуальность работы. Обучение механизмам саморегуляции человека с помощью сигнала биологической обратной связи (БОС) – одно из интенсивно развивающихся направлений научных исследований в области медицинской информатики. Использование биоуправляемых игровых систем позволяет решать ряд проблем, обычно возникающих в процессе тренинга и связанных с активизацией деятельности пациента. Исходя из анализа литературы можно выделить следующие два класса компьютерных игровых систем с биологической обратной связью, выбрав в качестве критерия количество параметров БОС: однопараметрические [2]; мультипараметрические [1, 8].

Однако не менее важной характеристикой БОС-систем является количество каналов связи. В то время как существующие однопараметрические комплексы используют только один канал связи, поскольку управляют единственным функциональным показателем, мультипараметрические игровые системы имеют столько же каналов связи, сколько и параметров управления [1]. Каждый канал связи имеет свой вход и выход, является независимой единицей и не влияет на работу других каналов и, следовательно, управляется только одним параметром. В то же время известно, что организм человека реагирует на изменение внешней

среды изменением целого ряда параметров функциональной системы. Это означает, что для точного определения состояния организма человека необходимо отслеживать не только изменение значений нескольких отдельных показателей, но и влияние этих изменений друг на друга. При этом важно, чтобы контролируемые параметры принадлежали к отдельной функциональной системе организма, т.е. были взаимосвязаны.

Организация обратной связи по динамике совокупности параметров возможна в мультипараметрическом одноканальном биоуправляемом комплексе. В этом случае единственный канал связи будет иметь несколько входов в зависимости от количества измеряемых показателей и один выход, регулируемый соотношением этих показателей.

В качестве таких взаимосвязанных параметров зачастую выбирают дыхание и сердечный ритм. На сегодняшний день в литературе описаны устройства, управляемые соотношением ритма дыхания и сердцебиения, однако среди них имеются лишь единицы, которые бы основывались на игровых сюжетах [3, 5, 6]. Данный факт свидетельствует о необходимости развития этого направления технологии биоуправления и осуществлении исследовательских работ, направленных на поиск новых методов увеличения эффективности управления

функциональным состоянием человека в ситуации виртуального соревновательного стресса.

Использование различных алгоритмов цветового импульсного воздействия наряду с моделями биоуправления для обучения навыкам саморегуляции расширяет круг возможностей модификации функционального статуса организма. Это обусловлено тем, что цветовые раздражители способствуют активизации парасимпатической или симпатической нервной системы в зависимости от оттенков цвета, а импульсный характер воздействия позволяет усилить стимулирующий эффект в развитии процессов торможения или возбуждения в зависимости от ритма [4, 7].

Таким образом, актуальной является задача разработки мультипараметрических биоуправляемых игровых систем, основанных на фундаментальных принципах хронобиологии с использованием алгоритмов оптимизации посредством цветовых импульсных сигналов.

Цель и задачи исследования: целью является разработка модели системы биоуправления в мультипараметрическом одноканальном игровом модуле «Хonix».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать структуру и принцип работы модуля «Хonix» с обратной связью;
- описать элементы системы управления в игровом тренинге по показателям частоты пульса и дыхания;
- создать модель канала обратной связи для организации мультипараметрического биоуправления.

Методы исследования: включают использование системного анализа с декомпозицией целей и функций разрабатываемой системы.

Основное содержание работы

В течение сеанса в биоуправляемом игровом модуле элементы обратной связи передают показатели датчиков пульса и дыхания в специальную область интерфейса

на экране монитора, а их соотношение – в игровой блок в качестве управляющего параметра. Таким образом, реализуется метод информационного воздействия, заключающийся в визуальном оповещении пользователя в процессе игры о его текущем состоянии, а также метод ассоциативного воздействия, основанный на управлении игровыми алгоритмами по соотношению выбранных показателей. Выиграть соревнование пациент может только в том случае, если научится управлять своей физиологической функцией, а именно частотой пульса и дыхания, в ситуации виртуального соревновательного стресса.

Использование различных алгоритмов цветового импульсного воздействия наряду с моделями биоуправления для обучения навыкам саморегуляции расширяет круг возможностей модификации функционального статуса организма путем создания новых условий тренинга, в связи с чем в структуру модуля включен блок биоуправляемой цветостимуляции.

Работа игрового модуля «Хonix» представлена в виде схемы на рис. 1.

В структуру модуля входят блоки: игровой, ввода электрофизиологической информации в режиме on-line, биоуправления и цветостимуляции.

Основой игрового блока являются модель и алгоритмы аркадной игры Хonix. Цель игры – закрасить определенный для каждого уровня (полное количество уровней – 5) процент области игрового поля. По игровому полю постоянно передвигаются «враждебные» объекты: мягкие и твердые шары и мины. Любой фрагмент поля закрашивается путем передвижения при помощи клавиатуры управляемого игроком объекта в выбранном направлении (горизонтальном или вертикальном). Если в этом фрагменте в этот момент не находилось ни одного шара, то фрагмент закрашивается. В противном случае, закрашиваются только линии, проведенные управляемым объектом. При столкновении с шарами, минами или при пересечении этими шарами линий, про-

водимых и незаконченных управляемым объектом в данный момент времени, игрок теряет одну жизнь (в случае потери последней жизни игра завершается).

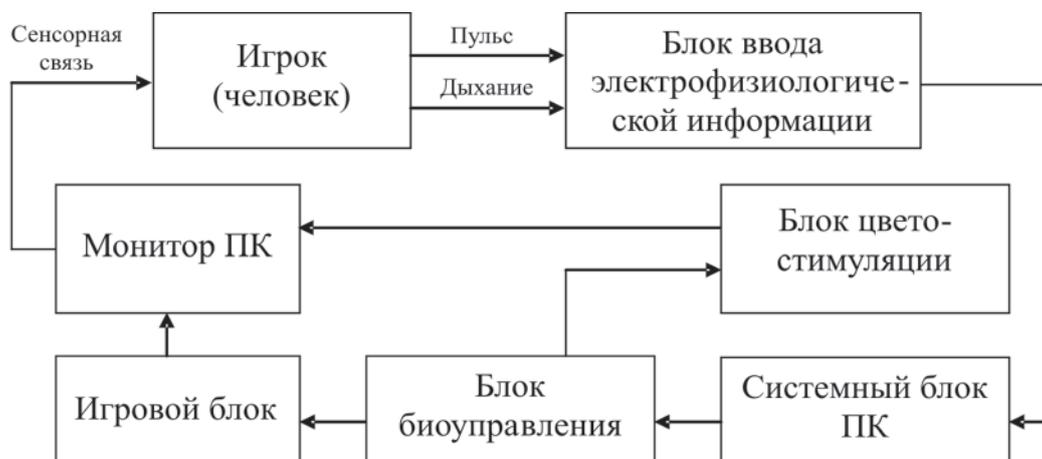


Рис. 1. Структура функционирования игрового модуля «Xonix»

Для реализации задач, связанных с передачей биопараметров, был разработан блок ввода электрофизиологической информации, включающий:

- систему датчиков, состоящую из оптопары (светодиода и фотодиода) и герконового переключателя. Оптопара-датчик пульса позволяет определить длительность межпульсового интервала, а герконовый переключатель – датчик дыхания – фиксирует момент вдоха/выдоха человека;
- схему сопряжения системы датчиков с компьютером;
- вход 1, регистрирующий первый физиологический сигнал – длительность межпульсового интервала;
- вход 2, регистрирующий второй сигнал – моменты вдоха/выдоха;
- промежуточный выход, несущий преобразованные в электрическую форму и объединенные физиологические сигналы с входов 1 и 2;
- общий выход, предназначенный для передачи приемнику адаптированного по амплитуде и форме электрического сигнала со схемы сопряжения, несущего информацию о частоте пульса и дыхания.

В качестве приемника сигнала с блока ввода выступает системный блок компью-

тера с установленной звуковой платой, содержащей линейный вход.

Блок биоуправления представляет собой подпрограмму, состоящую из процедур:

- процедура 1, которая предназначена для считывания и обработки информации, поступающей от блока ввода электрофизиологической информации на линейный вход звуковой платы персонального компьютера через схему сопряжения. С помощью этой процедуры происходит преобразование электрофизиологического сигнала на входе блока биоуправления в цифровую форму и разложение на две составляющие: длительность межпульсового интервала (и соответственно текущая частота сердечных сокращений – ЧСС) и флаг дыхания, соответствующий вдоху или выдоху.
- процедура 2 используется для создания одноканальной среды биоуправления по двум параметрам. В качестве управляющего значения, используемого в игровом блоке, выбрано соотношение пульса и дыхания, как показатель «Г», равный количеству сердечных импульсов, приходящихся на один дыхательный цикл. Дыхательный цикл определяется первым появлением у флага дыхания 1 – вдоха, после изменения предыдущей единицы на 0 – выдох.

– на вход процедуры 3 поступает численное значение показателя T , в соответствии с которым определяются значения входных параметров игрового блока: цвет фона области вывода частоты сердечных сокращений и цвет управляемого объекта – игрока, скорость движения твердых и мягких шаров.

– процедура 4 представляет собой биологический таймер, который подсчитывает количество дыхательных циклов и формирует на выходе управляющий сигнал, обеспечивающий смену режима работы блока цветостимуляции. Таким образом, процедура реализует биоуправление блоком цветостимуляции.

Для решения задач биоуправления были разработаны две модели, характеризующие зависимость значений входных параметров игрового блока от показателя T . Первая модель биоуправления имеет стратегию, целью которой является мобилизация резервных возможностей и активизация физиологических процессов организма. В основе второй модели лежит стратегия, направленная на избегание неудачи, целевой функцией которой является минимизация энергетических затрат. Оптимизация игрового тренинга может быть осуществлена путем использования блока цветостимуляции, включающего модели, основанные на алгоритмах активации и релаксации, в виде кодифицированных световых паттернов, содержащих субсенсорные сигналы цветостимуляции. Световые стимулы разработанных моделей реализованы путем управления длительностью импульса и паузы, что позволяет изменять скважность сигнала. Субсенсорный уровень восприятия стимулов достигается за счет увеличения длительности пауз между импульсами.

Целью биоуправления в игровом модуле *Xonix* является информационное и ассоциативное воздействие на пациента через игровую среду, оказывающее обучающую стимуляцию активационных и релаксационных процессов организма. Успешность обучающего воздействия тренинга опре-

деляется путем оценки соотношения двух биологических параметров: частоты пульса и частоты дыхания.

Однако для ввода информации о частоте импульсов в компьютер необходимо представить эти сигналы в цифровой форме при помощи специализированных аналогово-цифровых преобразователей. Одним из таких преобразователей является звуковая карта, которая имеется почти во всех современных системных блоках компьютеров. Кроме того, звуковая карта содержит в себе соответствующие элементы управления, которые обеспечивают процесс передачи аналоговой информации с устройств, подключенных к одному из ее входов (линейному или микрофонному), непосредственно в компьютер. Для занесения в оперативную память, а также обработки этой информации на компьютере достаточно лишь измерить амплитуду сигнала, передаваемого в виде волновых колебаний на выбранный вход карты при помощи соответствующих программных средств. Использование звуковой карты в качестве средства связи между компьютером и датчиками модуля позволяет ускорить процесс разработки последних, а также сократить денежные затраты на сборку соответствующих электронных схем.

Таким образом, путь прохождения управляющего сигнала, несущего биологическую информацию, можно представить в следующем виде (рис. 2).

Выводы

1. Разработана структура игрового модуля, включающая четыре элемента, обеспечивающие реализацию тренинга, и отличающаяся включением в блок управления биологической обратной связи в виде отношения пульса и дыхания.

2. Создана модель мультипараметрического канала обратной связи, описывающая маршрут прохождения и формы представления сигнала биоуправления и отличающаяся хронобиологическим способом диагностики и игрового управления текущим функциональным состоянием человека.



Рис. 2. Модель мультипараметрического канала обратной связи

3. Сформированы алгоритмы усиления эффективности игрового тренинга, включающие различные сценарии реализации игры и отличающиеся наличием оптимизационных моделей в виде биоуправляемых субсенсорных сигналов цветостимуляции, подобных частотному диапазону ритмов ЭЭГ.

Список литературы

1. Адамчук А.В. Полифункциональный мультипараметрический реабилитационный комплекс для функционального биоуправления / А.В. Адамчук, С.М. Захаров, А.Н. Луцев, А.А. Скоморохов // Биоуправление – 4. Теория и практика. – Новосибирск, 2002. – С. 287–291.
 2. Джафарова О.А. Компьютерные системы биоуправления: тенденции развития / О.А. Джафарова, М.Б. Штарк // Медицинская техника. – М.: Медицина, 2002. – С. 34–35.
 3. Макконен К.Ф. Модели и алгоритмы биоуправления в информационной системе игрового автомобильного тренинга / К.Ф. Макконен, Ф.А. Пятакович // Системный анализ и управление в биомедицинских системах: журнал прак-

тической и теоретической биологии и медицины. – М., 2008. – Т.7, № 1. – С. 177–181.

4. Пятакович Ф.А. Реабилитационные аспекты биоуправляемой директивной цветостимуляции / Ф.А. Пятакович, К.Ф. Макконен. – Проблемная комиссия «Хронобиология и хрономедицина» РАМН. – М.: ООО «Издательский Дом «Академия естествознания», 2007. – 150 с.
 5. Пятакович Ф.А. Биоуправляемая игровая система, реализующая автомобильные гонки на основе мультипараметрической обратной связи / Ф.А. Пятакович, К.Ф. Макконен, А.С. Новоченко // Аллергология и иммунология. – 2007. – Т. 8, №3. – С. 328.

6. Сурушкин М.А. Структура и алгоритмы протокола передачи сигналов биологической обратной связи в игровом модуле «Хоникс» / М.А. Сурушкин, Ф.А. Пятакович. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2009. – № 6. –С. 66–69.
 7. Pyatakovich F.A. Photostimulation biocontrollee / F.A. Pyatakovich, Y. Hashana K.F. Makkonen // Academie Russe des sciences medicales, Comission «Chronobiologie et Chronomedicine». Univercite d’Etat de Belgorod.

Univercite d'Etat de la Manoube. Institut superieur d'education physique Kssarr Said: ISBN 2/36/52/08/61/2, Press Univercitaire de Tunis. ISSEP Science. – Tunis, 2007.– 104 p.

8. Relaxing Rhythms Guided Training Program (previously known as Healing Rhythms / Wild Divine, Inc. – Las Vegas, Nevada, 2009. – URL: <http://www.wild-divine.com/servlet/-strse-6/Healing-Rhythms/Detail>.

Рецензенты:

Жиляков Е.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий, ГОУ ВПО «Белгородский государственный университет», Белгород;

Блажевич С.В., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой информатики и вычислительной техники ГОУ ВПО «Белгородский государственный университет», Белгород.

MULITIPARAMETER SINGLE-CHANNEL CONTROL SYSTEM IN GAME UNIT «XONIX» WITH BIODFEEDBACK

Pyatakovich F.A., Surushkin M.A.

*Belgorod State University, Belgorod,
e-mail: Surushkin@bsu.edu.ru*

It was devised the method of multiparameter game biofeedback based on fundamental principles of chronobiology and using the ratio of pulse and respiration signals and algorithms of biofeedback color-stimulation as a way of increasing the efficiency of human functional state control.

Keywords: multiparameter biofeedback, biofeedback game training