

В.В. Савченко

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИГРОВОГО БИОУПРАВЛЕНИЯ

ГНУ Институт механики и надежности машин НАН Беларуси

Рассматриваются методологические аспекты игрового биоуправления. Обсуждаются возможности использования биоадаптивных игр и игрушек (как компьютерных, так и аппаратных) в контексте исследуемого направления, их общие и отличительные признаки. Для организации биоуправления применена семантическая и “классическая” биологическая обратная связь.

Ключевые слова: биоадаптивные игры и игрушки, биологическая обратная связь, биоуправление, функциональное состояние

В последнее десятилетие направление игрового биоуправления получило достаточно серьезное и широкое развитие [1, 2, 4–9, 11–15] и рядом авторов рассматривается как новая ветвь (этап) методологии биологической обратной связи [9].

В большинстве работ по игровому биоуправлению организуется классическая биологическая обратная связь (БОС), чаще всего визуальная, по одному или нескольким физиологическим или психофизиологическим параметрам (например: кожная температура, пульс, сердечный ритм, содержание CO₂ в выдыхаемом воздухе, тремор, частота сердечных сокращений, электродермальные параметры, электромиограмма, электроэнцефалограмма и др.), реализованная в виде различных игровых сюжетов.

Выбор параметра или параметров определяется целевой функцией игрового биоуправления. Таковыми являются игры “Вира!”, “Гребной канал”, “Магические кубики” и “Ралли”, созданные в Институте молекулярной биологии и биофизики СО РАМН под руководством академика РАМН М.Б. Штарка [8]. Отмечается несколько особенностей игрового биоуправления:

- “наличие соревновательного сюжета”;
- “обучающие алгоритмы построены таким образом, что для победы необходимо улучшить свой собственный результат из предыдущего сеанса (соревнование с самим собой), что является залогом совершенствования навыков саморегуляции”;
- в играх четко прослеживаются и определенно прогнозируются временные интервалы соревновательного сюжета и, таким образом, вводятся стартовый и финишный компоненты периода обучения саморегуляции;
- решается задача превращения “пациента из пассивного объекта врачебных вмешательств в заинтересованного, активного субъекта лечебно-реабилитационного процесса”, что значительно повышает эффективность использования методологии БОС;
- используя сетевые возможности современных компьютерных информационных систем и Internet, возможно одновременно проводить игры с географически удаленными соперниками или самому получать доступ к собственной базе данных на игровом сервере с любого места, где имеется выход в сеть Internet, и пользоваться консультациями врача (тренера), находящегося в это время в другой стране или на другом континенте, в реальном масштабе времени;
- применимость для решения как медицинских задач (в стационарных и амбулаторных условиях), так и

проведения реабилитационных и профилактических (тренинг) мероприятий в бытовых условиях.

С учетом анализа технологических и методологических аспектов компьютерных игр “Вира!” и “Гребной канал” в работе [13] делается вывод, что “метод не сводится к простой регуляции физиологического параметра, а позволяет научиться контролировать свои вегетативные реакции в ситуации психоэмоционального стресса”. В игре “Ралли” использованы аналогичные основные идеи и принципы игрового биоуправления; при этом, по мнению авторов, она позволяет “выявить склонность к сонливости в дневное время”, а “тренинг предоставляет возможность снизить риск засыпания водителей на дороге” [8].

Последователи научной школы профессора Н.Н. Василевского также считают, что применение биокомпьютерных игр “весьма целесообразно”, поскольку такой подход является мощным мотивационным фактором при выработке навыка на саморегуляцию [6].

В психофизиологическом реабилитационном комплексе для БОС-тренинга РЕАКТОР, наряду с игровым подходом, используется принцип поэтапного переобучения проблемной функциональной системы пациента [1]. На первом этапе пациент обучается навыкам биоуправления по тем или иным психофизиологическим параметрам или их произвольной совокупности в состоянии релаксации, когда адаптационные перестройки организма происходят наиболее эффективно. Углубление и закрепление нового навыка осуществляется в условиях, в том числе игровых, провоцирующих нарастание психоэмоционального напряжения, с использованием неприятных звуковых и умеренно болевых воздействий. Акцент делается на индивидуальных особенностях пациентов с дефицитом внимания (около 10% населения), которые не способны концентрироваться длительное время на игровых сюжетах, как впрочем, и на определенную часть здоровых людей, которым не “свойственен игровой темперамент и азарт”.

В работе [12] рассматривается подход к оптимизации управления функциональным состоянием ребенка, основывающийся на использовании семантической БОС, со следующими основными акцентами:

1. Физиологические и/или психофизиологические параметры могут использоваться как для организации классической БОС (визуальная, звуковая и тактильная) по параметру с различными игровыми сюжетами в игре или соответствующим “поведением” биоадаптивной игрушки, так и для автоматической интерпретации функ-

циональных состояний и/или поведенческих реакций детей (пациентов) с организацией БОС по состоянию (поведенческой реакции) в игровом варианте;

2. Рассмотрены сценарии компьютерной игрушки и игры с биоуправлением по параметрам тремора ребенка и пример аппаратной реализации биоадаптивной игрушки с биоуправлением по функциональному состоянию ребенка, интерпретированному на основе автоматического анализа параметров фазической составляющей электрического сопротивления кожи (ЭСК).

Понятны принципиальные отличия между игрой и игрушкой в контексте рассматриваемого подхода. В основе игры часто лежит соревнование. Игрушка, прежде всего, предназначена для удовлетворения эстетических потребностей ребенка и моделирования различного рода поведенческих, социальных и бытовых ситуаций. В широком смысле очевидна связь игры с тренировкой и отдыхом; игра также потенциально способна моделировать различные ситуации, в том числе конфликтные, решение которых в практической сфере деятельности или затруднено, или невозможно, и, следовательно, она может рассматриваться как средство психологической подготовки к будущим жизненным ситуациям. Игрушка чаще всего используется для воссоздания реальных и воображаемых предметов и образов, и, в том числе, служит целям умственного, нравственного и эстетического воспитания. Игрушка помогает ребенку познавать окружающий мир; приучает его к целенаправленной, осмысленной деятельности; способствует развитию мышления, памяти, эмоций, речи [3].

Разработаны алгоритм автоматической интерпретации таких функциональных состояний ребенка, как “активная игра”, “пассивная игра” и “состояние релаксации”, на основе анализа фазической составляющей ЭСК и структурная схема электронного устройства для его реализации [11]. Алгоритм ориентирован на аппаратную реализацию с размещением электронной и механических частей в биоадаптивной игрушке, например котенке или кукле (при этом не исключается его компьютерная реализация), по соответствующему сценарию. В зависимости от функционального состояния ребенка генерируется, соответственно, то или иное “поведение” игрушки.

При автоматической интерпретации функционального состояния ребенка типа “активная игра” динамические характеристики игрушки также активны, т. е. “поведение” игрушки характеризуется соответствующими звуковыми сигналами, семантика которых соответствует названию игрушки. Например, если это игрушка-котенок, то звуковые сигналы имитируют мяуканье котенка. Одновременно игрушка-котенок совершает механические движения лапами, головой и т. д. Если игрушка-кукла, то звуковые сигналы имитируют смех ребенка, простые сочетания слогов типа “агу-агу” и т. д.; при этом совершаются простые механические движения.

При автоматической интерпретации функционального состояния ребенка типа “пассивная игра” алгоритм “поведения” игрушки сохраняется такой же, как и при “активной игре”, но исключаются эмоциональные раздражители, уменьшается интенсивность звуковых сигналов и механических движений.

При автоматической интерпретации функционального состояния ребенка типа “состояние релаксации”

механические движения прекращаются, за исключением “опускания век глаз” игрушки, а звуковые сигналы невысокой интенсивности могут имитировать мелодию колыбельной, т. е. может использоваться звуковая БОС. Например, если ребенок захочет уложить биоадаптивную игрушку “спать”, то она “уснет” только в том случае, если ребенок будет в состоянии релаксации, которое является последней фазой функционального состояния ребенка при переходе ко сну, что способствует засыпанию ребенка.

Описанный выше подход получил дальнейшее развитие [11]. Расширен перечень потенциально приемлемых физиологических и психофизиологических параметров для интерпретации функционального состояния ребенка; выполнены определенные обобщения предложенного подхода, носящие системный характер; представлены варианты реализации игрушки как в форме макета фигуры живого организма, так и в виде композиций объектов живой и неживой природы и представлены блок-схемы устройств для аппаратной реализации вариантов игрушек.

Одним из интересных психофизиологических параметров, который, к сожалению, пока не используется другими исследователями и разработчиками для организации игрового биоуправления, является тремор.

Тремор (дрожание) – непроизвольные ритмичные движения конечностей, головы, языка и других частей тела, возникающие вследствие попеременного или синхронного сокращения мышц-агонистов и мышц-антагонистов. Структуры нервной системы и механизмы, ответственные за возникновение тремора, недостаточно изучены. Тремор присущ и здоровым людям (физиологический тремор), однако амплитуда его не велика и он обычно почти незаметен. Патологический тремор может быть статическим (возникает в части тела, находящейся в покое), постуральным (тремор при поддержании определенного положения) и интенциональным (возникает в процессе активного движения).

Статический тремор характерен для паркинсонизма, эссенциального тремора (ЭТ), гепатоцеребральной дистрофии и ртутного отравления. Постуральный тремор наблюдается при паркинсонизме, тиреотоксикозе, отравлении алкоголем и литием, а также при состоянии тревоги или усталости. Интенциональный тремор, как правило, является следствием поражения мозжечка и его связей. Чаще всего встречается статистический и постуральный тремор.

Тремор – наиболее распространенный гиперкинез, который возникает не только при неврологических, но и целом ряде соматических и эндокринных заболеваний, а также вследствие воздействия токсических факторов и лекарственных средств. Тремор может быть физиологическим и патологическим. Патологический тремор отличается от физиологического не только более высокой амплитудой, но и более низкой (реже – более высокой) частотой, а также условиями, в которых он возникает или усиливается.

По отношению к движению выделяют два основных вида тремора: тремор покоя и тремор действия [10]. Тремор покоя возникает в отсутствие какой-либо активности, а исчезает или уменьшается при активном движении. Вместе с тем, он может усиливаться при активности другой части тела. Тремор действия, или акционный

тремор, возникает при произвольном сокращении мышц. Он, в свою очередь, подразделяется на поструральный, кинетический и изометрический. Постуральный тремор встречается при удержании определенной статичной позы; кинетический тремор наблюдается только при движении; изометрический тремор образуется при изометрическом мышечном сокращении.

Нередко отмечаются смешанные типы акционного тремора. К особым формам тремора действия относятся ортостатический тремор и селективный кинетический тремор. Ортостатический тремор – высокочастотное (10–18 Гц) поструральное дрожание в ногах и туловище, возникающее в течение нескольких секунд после принятия вертикального положения, но быстро проходящее после того, как больной начинает ходьбу или садится, или ложится. Селективный кинетический тремор возникает только при определенных движениях или действиях (например, письме), но отсутствует при других движениях, вовлекающих те же мышцы.

По локализации тремор может быть генерализованным или локальным, избирательно вовлекающим язык, подбородок, голову, голосовые связки и т. д. По частоте тремор подразделяют на низкочастотный, среднечастотный и высокочастотный (выше 7 Гц). По этиологии можно выделить следующие типы патологического тремора [10]:

- первичный тремор, при котором дрожание является ведущим проявлением заболевания (эссенциальный тремор и его варианты);
- вторичный (симптоматический) тремор, возникающий как осложнение основного заболевания, проявление интоксикации или побочного действия лекарственных средств;
- тремор при дегенеративных заболеваниях ЦНС наследственного или идиопатического характера, проявляющихся помимо него другими экстрапирамидными синдромами (болезнь Паркинсона, гепатолентикулярная дегенерация, мультисистемная атрофия, спиноцеребеллярные дегенерации, идиопатическая дистония, болезнь Гентингтона, прогрессирующая миоклоническая атаксия Ханта и др.);
- психогенный тремор.

Эссенциальный тремор, или идиопатическое наследственное доброкачественное дрожание, – одна из самых частых причин тремора в клинической практике [10]. Одновременно, это самое частое экстрапирамидное заболевание, по распространенности опережающее болезнь Паркинсона примерно в 2–3 раза. Основным проявлением ЭТ является поструральный или пострурально-кинетический тремор. Патогенез ЭТ неизвестен. Установлено только, что важную роль в генезе тремора играет гиперактивность нейронов мозжечка, импульсация которых через таламус “бомбардирует” моторную кору.

Заболевание может возникнуть практически в любом возрасте. Начинается оно с появления дрожания в дистальных отделах рук, причем в начале заболевания только при волнении или переутомлении. Со временем ЭТ становится постоянным и прогрессирует в течение всей жизни. По мере нарастания дрожания больные испытывают все большие трудности при приеме пищи, письме, игре на музыкальных инструментах, занятиях руч-

ным трудом. В тяжелых случаях заболевание может привести к ранней инвалидизации.

С возрастом частота тремора уменьшается, а его амплитуда увеличивается; одновременно может присоединиться тремор покоя, заметный в положении сидя, но обычно отсутствующий в положении лежа. Тремор может возникать как побочный эффект приема целого ряда лекарственных средств. Психогенный тремор, в отличие от ЭТ и других органических заболеваний, может начинаться остро; имеет нестандартные и изменчивые характеристики, возникая то в покое, то при движении; усиливается при привлечении внимания и ослабевает – при отвлечении.

Лечение тремора – процесс достаточно длительный. Усиленный физиологический тремор полностью обратим при устранении вызвавшего его фактора; его обычно можно уменьшить с помощью бета-блокаторов [10]. При ЭТ в настоящее время не существует способа сдержать прогрессирование заболевания, а лекарственные препараты назначают лишь с симптоматической целью и только в том случае, когда тремор нарушает функцию рук, затрудняя профессиональную или бытовую деятельность. Иногда лечение приходится назначать в тех случаях, когда для больного существенен “косметический” дефект, связанный с тремором, из-за которого он вынужден ограничить посещение публичных мест. В значительном же числе случаев, особенно на ранней стадии, медикаментозного лечения не требуется: достаточно успокоить больных, которые часто испытывают дискомфорт не столько в связи с самим тремором, сколько с опасениями по поводу наступления тяжелого инвалидизирующего заболевания.

Рассмотрим сценарии компьютерной игрушки и игры с биоуправлением по параметрам тремора ребенка [12].

С использованием мультимедийных и графических компьютерных средств создается мультипликационный сюжет со следующим сценарием, ориентированным на детей младшего возраста. “Небольшое озеро, по краям заросшее камышом; светит солнце; в озере плещается рыба; летают бабочки и стрекозы. На большом листе кувшинки, лежащем на воде, сидит голодная лягушка. Рядом с листом кувшинки растут камыши, которые покачиваются от ветра. На одном из листьев камыша сидит кузнечик. Лист дрожит от легкого дуновения ветерка, и кузнечик рискует упасть прямо на расположившуюся внизу лягушку. Лягушка это видит и готова сразу проглотить кузнечика, если он не удержится на листе камыша”. Амплитуда и частота колебания листа камыша, на котором сидит кузнечик, соответствует амплитуде и частоте тремора руки ребенка.

Лабораторный макет игрушки с таким сценарием реализован как частный случай в рамках проекта № т95-058 Фонда фундаментальных исследований РФ “Разработка и исследование концепции биоадаптивных анимаций в системах виртуальной реальности” (заключительный отчет о НИР, № госрегистрации 19961904, 1998 г.).

Суть предложенного сценария компьютерной игры, ориентированной на детей старшего возраста, сводится к моделированию на компьютере игры в футбол (ребенка с компьютером или двух детей между собой) с одинаковым количеством выходов “нападающих” к воротам

соперника и нанесением ударов мечом по воротам. Траектория полета мяча и, соответственно, его попадание в ворота соперника зависят от значений параметров тремора играющего (играющих). Выиграет тот ребенок, который большее количество раз смог удержать значения своих параметров тремора ниже порога в момент нанесения удара мячом по воротам.

Примеры рассмотренных сценариев биоадаптивной игрушки и игры, использующие биоуправление по параметрам тремора, могут применяться для решения широкого круга медицинских задач, проведения реабилитационных и профилактических мероприятий в различных условиях.

Перечислим ряд моделей, которые могут быть полезны при разработке сценариев для организации игрового биоуправления по параметрам тремора, содержащих амплитудные и частотные характеристики и основанных на реальных прототипах:

- модели, основанные на выполнении человеком прецизионных движений (например: соревнования по стрельбе из разных видов спортивного оружия; игра на некоторых музыкальных инструментах; процесс приема пищи с использованием столовых приборов и посуды);

- модели, основанные на влиянии ветра на объекты живой и неживой природы (например: покачивание деревьев, веток и растений; сила волнения водных поверхностей; динамика (поведение) летательного аппарата, находящегося в зоне турбулентности и др.);

- модели, основанные на перемещениях земной поверхности (землетрясения) с соответствующими последствиями, зависящими от силы: с сохранением, повреждением или разрушением красивых природных ландшафтов или находящихся там строений;

- модели, основанные на вибрации технических систем, обусловленных их неисправностью (например: в полете летательного аппарата, движении поезда и др.).

Выводы. Подход, который сегодня называется “игровое биоуправление”, может реализовываться как с использованием компьютерных игр, так и игрушек (компьютерных и аппаратных).

Биоуправление может организовываться с использованием семантической БОС (по функциональному состоянию или поведенческой реакции пациента) и классической БОС (по параметру).

Предполагается, что биоадаптивные игрушки (компьютерные и аппаратно-реализованные) по отношению к биоадаптивным компьютерным играм будут более эффективны для тех пациентов, у которых слабо выражен или отсутствует соревновательный азарт, или для тех, кто его еще не приобрел (выработал) по разным причинам, а вместе – расширят “круг” потенциальных пользователей таких систем и устройств.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF GAME BIOFEEDBACK

V.V. Savtchenko

Methodological aspects of game biofeedback are considered. Possibilities of bioadaptive games and toys employment (both computer, and equipment) in the context of the research direction, their common and distinctive attributes are discussed. The semantic and ‘classical’ biofeedback is applied for the biofeedback organization.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Адамчук А.В.* Полифункциональный мультипараметрический комплекс для биоуправления / А.В. Адамчук, С.М. Захаров, А.А. Скоморохов // Биоуправление-4: теория и практика. Новосибирск, 2002. С. 287–291.
2. Биологическая обратная связь на основе компьютерной игры / В.А. Дебелов, О.Г. Донская, В.С. Иутин и др. // Автотметрия. 1996. № 6. С. 37–44.
3. БСЭ Т. 10. М.: Сов. энциклопедия. 1972. С. 31–32.
4. *Гореев А.С.* Влияние индивидуальных особенностей ЦНС на эффективность формирования релаксационных навыков при использовании биологической обратной связи у детей 9–10 лет / А.С. Гореев, О.А. Семенова // Физиол. чел. 2003. Т. 29. № 4. С. 54–61.
5. *Джафарова О.А.* Клинический анализ использования нейробиоуправления (электроэнцефалографического бета-стимулирующего тренинга) для коррекции синдрома дефицита внимания и гиперактивности / О.А. Джафарова, Б.А. Скок, Е.В. Хаймович // Биоуправление-4: теория и практика. Новосибирск, 2002. С. 116–125.
6. *Иваницкий Ю.В.* Принципы использования метода биологической обратной связи в системе медицинской реабилитации / Ю.В. Иваницкий, А.А. Сметанкин // Биологическая обратная связь. 2000. № 3. С. 2–9.
7. Игровое биоуправление (история и современное состояние) / Р.И. Великохатный, О.А. Джафарова, О.Г. Донская и др. // Бюл. СО РАМН. 1999. № 1. С. 23–29.
8. 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. 86–95.
9. Компьютерные и лечебно-оздоровительные игры (новая ветвь биоуправления) / О.Г. Донская, Р.И. Великохатный, В.А. Дебелов и др. // Биоуправление-3: теория и практика. Новосибирск, 1998. С. 232–242.
10. *Левин О.С.* Тремор / О.С. Левин // Рос. мед. журн. 2001. № 5. С. 36–40.
11. Пат. № 2123866 (РФ) Способ успокаивания и/или усыпления ребенка и автоматическое устройство для его реализации / В.В. Дементенко, В.В. Савченко, В.М. Шахнорович // Бюл. 1998. № 36.
12. *Савченко В.В.* Оптимизация управления функциональным состоянием ребенка / В.В. Савченко // Проблемы создания человекоориентированных информационных технологий. Минск, 1994. С. 42–49.
13. Технология виртуальной реальности и физиологические функции / О.А. Джафарова, О.Г. Донская, А.А. Зубков и др. // Вест. РАМН. 1999. № 10. С. 26–30.
14. *Штарк М.Б.* Биоуправление: развитие или бег на месте? / М.Б. Штарк, В.Г. Тристан // Биоуправление в медицине и спорте: Материалы 2-й Всерос. конф.: Омск, 2000. С. 3–4.
15. *Штарк М.Б.* Некоторые аспекты биоуправления в интерпретации редакторов (вместо предисловия) / М.Б. Штарк, М.С. Шварц // Биоуправление-4: теория и практика. Новосибирск, 2002. С. 3–5.