

УДК 615.47

И.И. Волков, С.А. Филлист**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ ОРГАНОВ И СИСТЕМ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЛОЖНОМОДУЛИРОВАННЫХ СИСТЕМНЫХ РИТМОВ***

Рассматриваются методы, модели и алгоритмы интеллектуальной поддержки в мобильных системах контроля и управления функциональным состоянием органов и систем человека, которые основаны на анализе сложно модулированных сигналов системных ритмов. Рассмотрены наиболее перспективные пути создания интеллектуальных технологий для прогнозирования функционального состояния органов и систем в процессе мониторинга их жизнедеятельности, а также для управления терапевтическими воздействиями. Для синтеза управляющих воздействий, осуществляемых посредством мобильных систем мониторинга, предлагается использовать нейросетевые классификаторы и нечеткую логику принятия решений.

Мобильные медицинские системы; медленные волны; контроль параметров физиологических процессов; экспресс-диагностика; управление функциональным состоянием.

I.I. Volkov, S.A. Filist**MULTIPURPOSE INTELLECTUAL MOBILE SYSTEMS FOR CONTINUOUS CONTROL AND MANAGEMENT OF THE FUNCTIONAL CONDITION OF BODIES AND SYSTEMS OF THE PERSON ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF THE DIFFICULT MODULATED SYSTEM RHYTHMS**

In article methods, models and algorithms of intellectual support in mobile monitoring systems and managements of a functional condition of bodies and systems of the person which are based on the analysis of the difficult modulated signals of system rhythms are considered. The most perspective ways of creation of intellectual technologies for forecasting of a functional condition of bodies and systems in the course of monitoring of their activity, and also for management of therapeutic influences are considered. For synthesis of the operating influences which are carried out by means of mobile systems of monitoring, it is offered to use neuronetwork qualifiers and indistinct logic of decision-making.

Mobile medical systems; slow waves; control of parameters of physiological processes; express-diagnostics; management of a functional condition.

Проблема снижения смертности от социально-значимых заболеваний может быть решена путем непрерывного контроля медико-биологических показателей человека в процессе жизнедеятельности и формированию адекватных управляющих воздействий на соответствующие органы и системы. В настоящее время на рынке медицинских услуг появились приборы и методики, такие как Оберон, Кардиовизор, Валеоскан и т.д. К сожалению, большая часть приборов этого класса имеет закрытое алгоритмическое обеспечение, и как следствие, неоднозначную оценку в медицинских кругах. Вопрос эффективности их использования основан на добросовестности производителя, так как в широкой клинической практике они, как правило, не используются, и как следствие этого, отсутствует официальная статистика об эффективности их применения.

* Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 гг.» (контракт № 424).

В современную медицинскую практику все шире входят приборы длительного непрерывного наблюдения за состоянием организма. Они позволяют концентрировать гораздо более точную и адекватную информацию о течении процессов в жизненно важных системах организма, чем обычные методы наблюдения «в отдельные моменты». Систематический характер собранной информации позволяет уменьшить влияние случайных помех за счет знания о возможном характере процессов в организме. Это позволяет исследовать достаточно длительные процессы, характеризующие динамику живой системы. Функционирование указанных систем по поддержанию жизнедеятельности сложного объекта сопровождается взаимосвязанными процессами, обеспечивающими многоуровневый механизм управления.

В таких системах особенно актуально исследование процессов, в которых в результате наложения множества системных ритмов, сигналы, несущие информацию о состоянии систем объекта, приобретают сложную форму, характеризующую совокупность циклических составляющих различных уровней, отличающихся по амплитуде, фазе, частоте.

Доступные в настоящее время массивы информации позволяют на более высоком уровне ставить задачу оценки *совместного* влияния на исследуемый объект многих периодических процессов, различающихся как природой, так и временными диапазонами с одновременным оцениванием иерархической структуры взаимодействия исследуемых факторов. Анализ многочисленных отечественных и зарубежных исследований в области изучения сложных систем, проведенных особенно на протяжении последних 10 лет, показал, что значительной информационной ценностью обладают скрытые составляющие системных процессов – системные ритмы, которые в современных диагностических системах практически не выделяются и не обрабатываются, что значительно снижает потенциальные возможности перспективных диагностических систем [1]. Поэтому необходимо создание качественно новых методов, моделей и алгоритмов, позволяющих выделять и анализировать сигналы в объектах, характеризующихся сложными системными ритмами, и позволяющих построить системы искусственного интеллекта на основе информации, получаемой посредством носимых медицинских приборов.

В связи с вышеизложенным, актуальна разработка интеллектуальных систем медицинского назначения, позволяющих выявить риск социально-значимых заболеваний на ранней стадии, что обеспечивает возможность ранней адекватной терапии.

Для решения этой задачи необходимо сформировать базу данных сигналов, характеризующих медленные системные ритмы. Для формирования базы данных необходимо выбрать физиологические сигналы, из которых будут выделяться медленные ритмы. В качестве физиологических сигналов используется электрокардиосигнал – электрофизиологический сигнал, в котором как модулируемый, так и модулирующий сигналы генерируются внутренними процессами системы, сфигмограмма – акустический сигнал, в котором как модулируемый, так и модулирующий сигналы генерируются внутренними процессами системы, и реосигнал, в котором используется внешний зондирующий сигнал, модулируемый внутренними системными процессами.

В настоящее время не существует открытых баз данных поликардиосигналов описанного класса. Получать такие сигналы желательно синхронно, так как они несут информацию о состоянии различных систем организма, а фазовые соотношения процессов в этих системах являются важной диагностической информацией. Процесс накопления таких сигналов может осуществляться не используя многофункциональных приборов, например, используя одновременно три отдельных прибора и обследуя пациента в стационарных условиях.

Так как анализ сложномодулированных сигналов системных ритмов имеет свои особенности, то необходима методология совместного анализа исследуемых сигналов. Эта методология может базироваться на структурном анализе, взаимном спектральном анализе, сингулярном анализе, вейвлет-анализе, корреляционном анализе. Разработанная методология позволяет синтезировать пространство информативных признаков для интеллектуальных систем контроля и управления органами и системами человека [2].

После параметризации данных необходима их классификации. Здесь необходимо оценить возможности классифицирующих систем, выполненных на микроконтроллерах, с точки зрения вычислительных ресурсов, для классификации функционального состояния органов и систем в реальном времени. Необходимо выбрать оптимальное решение: либо ориентироваться на мощный базовый компьютер, связь с которым носимого медицинского прибора осуществляется по радиоканалу или по другим коммуникационным каналам, либо выбирать достаточно мощный микроконтроллер, способный решить поставленные задачи.

В качестве методов синтеза систем распознавания выбирается нейросетевое моделирование и нечеткая логика принятия решений [3].

После формирования блоков медико-биологических данных, соответствующих определенному органу, системе или патологии, осуществляется разработка методов и средств, предназначенных для сбора этих данных с объекта (человека). Структура данных в сформированных блоках корректируется с учетом того, что данные должны быть получены посредством неинвазивных методов и их сбор должен осуществляться в процессе функционирования систем организма пациента в не клинических условиях [4].

После коррекции структуры данных в блоках медико-биологических данных осуществляют их морфологический анализ, по результатам которого формируются пространства информативных признаков, предназначенные для каждого конкретного носимого медицинского прибора, ориентированного на конкретных орган, систему или патологию.

Параллельно морфологическому анализу проводятся работы по созданию аппаратно-программного обеспечения по сбору медико-биологических данных и разработка базовой платформы носимого медицинского прибора.

Следующим этапом развития таких интеллектуальных систем является разработка методов, способов и алгоритмов прогнозирования функционального состояния органов и систем в процессе мониторинга их жизнедеятельности.

Для создания эффективной системы управления развитием заболеваний на группе практически здоровых людей, не занимающихся спортом и не относящихся к определенным профессиональным группам риска, изучалось функциональное состояние систем организма, например, если это сердечно-сосудистая система, то на основе функциональных проб оценивались уровни адаптационно-регуляторных реакций с помощью методов математического анализа сердечного ритма, а также оценивалась роль психологического фактора при диагностике преморбидного состояния. На основе комплексной оценки полученных данных разрабатывались и научно обосновывались критерии преморбидной диагностики функционального состояния организма практически здоровых людей и управления этим состоянием посредством носимых медицинских приборов [5, 6].

На следующем этапе разрабатывались принципы управления состоянием органов и систем организма. Управление может быть реализовано посредством трех традиционных способов: вербальным, фармакологическим и посредством электромагнитных терапевтических воздействий. Принцип биоуправляемой обратной связи может работать как самостоятельно, так и совместно с тремя вышеуказанными способами.

Способ биоуправления основан на том, что функциональное состояние органа или системы оценивается некоторой точкой (концом вектора) в пространстве информативных признаков. Необходимо разработать принципы определения координат этой точки или метрику признакового пространства, которая позволила бы оценить тенденцию движения точки во времени: «в хорошем направлении» или «в плохом направлении». То есть, если известны центроиды «хорошего функционального состояния» и центроиды «плохого функционального состояния», необходимо определить способ вычисления расстояния точки, определяющей текущее функциональное состояние, до этих центроид. В зависимости от того, какова динамика этого движения, вносится корректировка в первые три способа воздействия, или происходит самоорганизация системы, т.е. человек интуитивно ищет сам такие воздействия на органы и системы или «свой образ жизни», которые приведут к движению в нужную сторону вектора состояния системы.

Таким образом, создано методическое, алгоритмическое, техническое и программное обеспечение для проектирования нового класса мобильных медицинских систем, предназначенных для непрерывного контроля и управления функциональным состоянием органов и систем организма человека на основе биоуправляемых обратных связей и программируемых терапевтических воздействий.

Отличительной особенностью предлагаемого класса мобильных медицинских систем является их многофункциональность. Она определяется тем, что для непрерывного контроля и интегральной оценки функционального состояния органов и систем человека используется одновременный анализ множества медико-биологических показателей, что требует использования многоканального устройства съема информации. Комплект датчиков медико-биологических сигналов и программное обеспечение для обработки поступающей от них информации позволит проводить раннюю диагностику социально-значимых заболеваний: сердечно-сосудистых, онкологических, инфекционных. Кроме того, в задачи носимого медицинского прибора входит активное воздействие на контролируемый объект, которое осуществляется на основе анализа контролируемых показателей. Это позволяет использовать приборы такого класса не только для диагностики заболеваний, но и для контроля динамики лечебного процесса, а также для выполнения или контроля терапевтических процедур.

Все медико-биологические показатели контролируются непрерывно и их анализ осуществляется на достаточно длительном промежутке времени, что обеспечивает надежность принимаемого управленческого решения и использование всей полезной информации, содержащейся в контролируемом сигнале.

В настоящее время систем такого класса на мировом рынке не существует. В качестве аналогов можно привести полиграф или прибор для холтеровского мониторинга. Но полиграф не предназначен для контроля за состоянием человека в процессе его жизнедеятельности и осуществления управлением функциональным состоянием, а холтеровский монитор контролирует только один медико-биологический показатель, на основании которого нельзя принять эффективных управленческих решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмин А.А., Филлист С.А., Белобров А.П. Многомерная частотная селекция в задачах анализа медленных волн // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2010. – № 2. – С. 4-10.
2. Филлист С.А., Томакова Р.А., Ефремов М.А., Шаталова О.В. Гибридные технологии выделения медленных волн из квазипериодических сигналов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 1 (34). – С. 66-73.
3. Зо Зо Тун, Филлист С.А. Искусственная нейронная сеть на основе радиальных базисных функций для классификации кардиоциклов электрокардиосигналов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 8 (109). – С. 80-85.

4. *Филист С.А., Аль – Муаллеми В.А., Дафалла Али А.Б.* Синтез признаков пространства для классификации эластических свойств артерий на основе окклюзионных проб и анализа пальцевых фотоплетизмограмм // Вестник Воронежского государственного университета. – 2009. – № 10. – С. 120-122.
5. *Филист С.А., Алексенко В.А., Кузьмин А.А.* Биоимпедансные средства мониторинга состояния кожи при терапевтических и косметологических процедурах // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 42-44.
6. *Кузьмин А.А., Филист С.А., Мешковский Д.В.* Магнитотерапевтический аппарат с адаптируемым спектром электромагнитного излучения для лечения простатита и гинекологических заболеваний // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 44-46.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. И.А. Ключиков.

Волков Иван Иванович – Юго-Западный государственный университет; e-mail: SFilist@gmail.com; 305040, г. Курск, 50 лет Октября, 94а, к. 416; тел.: 84712587098; кафедра биомедицинской инженерии; аспирант.

Филист Сергей Алексеевич – кафедра биомедицинской инженерии; профессор.

Volkov Ivan Ivanovich – South-Western State University; e-mail: SFilist@gmail.com; 94, 50 let Oktyabrya, Kursk, 305040, Russia; phone: +74712587098; the department of bio-medical engineering; postgraduate student.

Filist Sergey Alekseevich – the department of bio-medical engineering; professor.

УДК 612.821

С.П. Ивашев

ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОНТИНУУМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Статья посвящена исследованию системной организации целенаправленного поведения человека. Показано, что одним из ключей доступа к пониманию механизмов адаптации человека к различным условиям окружающей действительности может стать исследование функции согласования законов равных и встречных возможностей. Эта функция может быть представлена уровнем избыточности регуляторных процессов. Информационный континуум этого показателя открывает широкие возможности его применения в медицине и смежных областях науки для диагностики функционального статуса мыслительной деятельности и может быть использован для оценки нарушений мыслительной деятельности психической патологии.

Теория функциональных систем; информационная избыточность регуляторных процессов; принципы равных и встречных возможностей.

S.P. Ivashev

INFORMATION CONTINUUM OF FUNCTIONAL ORGANIZATION OF PURPOSEFUL BEHAVIOUR

The article is devoted to the study of systemic organization of purposeful behavior of a man. Results of research have shown that one of the keys of access to understanding of these mechanisms can become research of function of the coordination of laws of the equal and counter possibilities. This function can be presented by a level of redundancy of regulatory processes. The information continuum of this parameter opens wide opportunities of its application in medicine and adjacent areas of science for a diagnostics of the functional status thinking activity and can be used to estimate thinking disorders in psychic pathology.

Theory of functional systems; informational redundancy of regulatory processes; principles of the equal and counter possibilities.