

## Концептуальная модель виртуального центра охраны здоровья населения

# 08, август 2012

DOI: 10.7463/0812.0550846

Анищенко В. С., Булдакова Т. И., Довгалевский П. Я., Лифшиц В. Б.,  
Гриднев В. И., Суятинов С. И.

УДК 61:004.62

Россия, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Россия, Саратовский НИИ кардиологии

Россия, Саратовский государственный медицинский университет

Россия, Саратовский государственный технический университет

[buldakova@bmstu.ru](mailto:buldakova@bmstu.ru)

[suyatinovsi@gmail.com](mailto:suyatinovsi@gmail.com)

### Введение

Важнейшим обязательством государства является охрана здоровья населения как наивысшей индивидуальной и общественной ценности. Однако практикуемая методология здравоохранения, основанная на использовании среднестатистических показателей патология/норма и стандартных схем лечения, является малоэффективной. Вследствие зарегулированности, использования обобщенных методик диагностики состояния, она не может обеспечить не только индивидуальное распознавание ранних форм заболеваний и решения различных задач прогнозирования, но, зачастую, не обеспечивает эффективность и безопасность лечения.

Эта проблема характерна не только для России, но и для других стран. Поэтому в Европейских странах предложена и развивается новая концепция системы охраны здоровья населения. Согласно ей, основные задачи охраны здоровья лежат не в плоскости высокотехнологичных методов лечения, а фокусируются на первичной профилактике и ранней диагностике [1]. Приоритетной составляющей новой концепции становятся регулярный мониторинг и оценка состояния здоровья населения, персонализация здравоохранения, оказание медицинской помощи с учетом индивидуальных особенностей пациента.

Новая концепция здравоохранения и ее реализация с использованием современных информационных технологий позволяют сформировать в России систему качественного и доступного здравоохранения, минимизировав при этом расходы государства.

### **Задачи персонализированного здравоохранения**

Традиционные системы оказания помощи пациентам базируются на предоставлении медицинских услуг только в случае возникновения заболевания и непосредственного обращения к врачу. Такие системы основаны на сети лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ), где имеется необходимое медицинское оборудование. Они не отвечают требованиям оперативности, мобильного мониторинга и диспансеризации, учета индивидуальных особенностей пациента.

Развитие технологий “sensor-on-a-chip” и открытых телекоммуникационных систем позволяют приступить к реализации методологии «госпиталь на дому» (“hospital-at-home”) [2, 3]. Основным принципом данной методологии является мониторинг функционального состояния и оказание медицинской помощи пациентам независимо от их местоположения, в том числе и в домашних условиях. При этом источниками объективной информации о функциональном состоянии пациента являются мобильные измерительные системы, выполненные по технологиям “sensor-on-a-chip” и “laboratory-on-a-chip”. К примеру, телекоммуникационная система регистрации биосигналов, вмонтированная в нательную одежду, позволяет вести перманентный мониторинг состояния человека, не ограничивая его мобильность [4]. Физическое местоположение пациента в этом случае не имеет значения при определении его функционального состояния. Биосигналы, регистрируемые встроенными датчиками, передаются по каналам связи в медицинские центры мониторинга и обработки информации, используя общую информационную инфраструктуру здравоохранения [5].

Математизация медицины [6] создает основу для разработки новых системно-информационных технологий персонального мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния отдельного пациента. В этом направлении важной проблемой является создание виртуальной физиологии человека. Виртуальная «копия» пациента, построенная посредством математических моделей элементов и подсистем организма, описывает деятельность физиологических подсистем человека и представляет собой его виртуальный физиологический образ (ВФО) [7]. На основе таких моделей медицинское обслуживание переходит на качественно новый рубеж персонализированного и упреждающего здравоохранения, основанного на технологиях моделирования и имитации физиологии человека и процессов, связанных с заболеваниями.

Учитывая индивидуальные особенности индивидуума в форме математических моделей, персонализированное здравоохранение решает следующие задачи: диагностику на ранних стадиях и прогнозирование; повышение эффективности лечения за счет подбора медикаментов и схем лечения, учитывающих специфические свойства организма конкретного пациента; повышение безопасности лечения за счет оптимизации медицинского вмешательства и предотвращения ошибок; информирование и привлечение самих пациентов к более ответственной заботе о своем здоровье; интеграцию разносторонней информации и извлечение новых знаний, внедрение новых научных знаний в медицинскую практику.

Информационно-телекоммуникационные технологии, математизация и другие формы представления знаний позволяют эффективно реализовать систему персонализированного здравоохранения в форме виртуальной организации [8].

Виртуальный центр объединяет на базе общего информационного пространства все составляющие элементы системы здравоохранения, обеспечивая сбор более полной информации, глубокий анализ и обмен большими объемами данных, в значительной степени автоматизируя труд медицинского персонала. Он предоставляет работникам в сфере здравоохранения удобный инструмент реализации функций хранения, накопления и обработки данных о пациентах на протяжении всей их жизни (рис. 1).



Рис. 1. Жизненный цикл ВФО

Основной проблемой организации информационного обмена является информационная совместимость. Представляется, что естественным решением указанной проблемы может быть использование CALS-технологий. Подтверждением этого является,

например, широкое использование языка XML для представления, хранения и использования различными пользователями биотехнических и физиологических данных. Кроме того, форматы описания данных (в частности, биосигналов), принятые в медицине, сходны со структурой передаваемого пакета данных, предписанной стандартом MIL 1840.

Ключевым понятием CALS-технологий является понятие Единого информационного пространства. На рис. 2 представлены основные источники и потребители информации в структуре виртуального центра охраны здоровья.

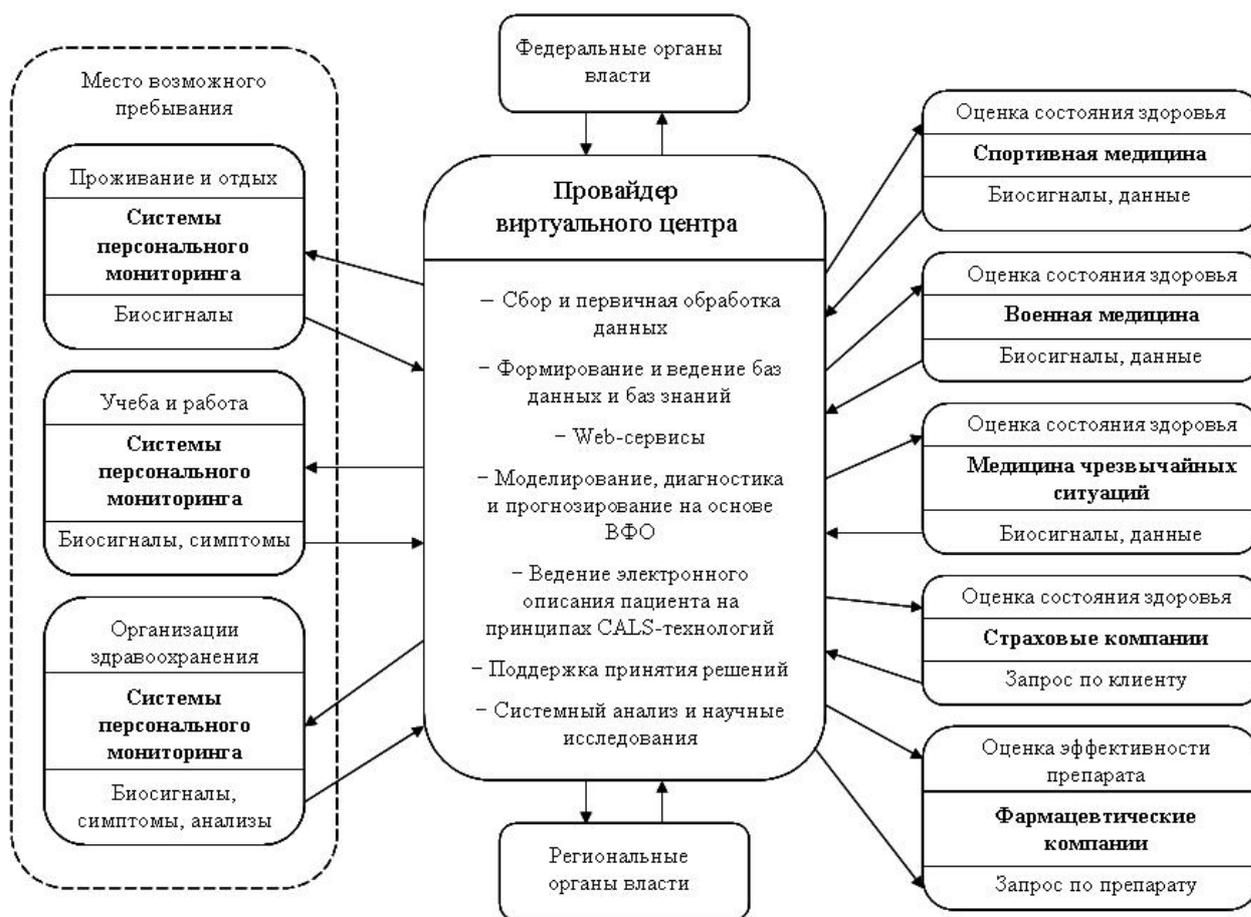


Рис. 2. Информационное пространство виртуального центра

Поставщик ресурсов (провайдер) виртуального центра представляет собой совокупность устройств и приложений, которые управляют и обрабатывают персональную информацию, выявляют скрытые закономерности и помогают врачам и пациентам. Учитывая большое число пользователей, необходимость интеграции разнородных информационных систем, представляется обоснованным использовать методологию сервис-ориентированной архитектуры для построения программной инфраструктуры виртуального центра.

Переход к виртуальной форме организации всего здравоохранения предполагает поэтапную реализацию отдельных проектов. Приоритетной задачей первого этапа является создание методов и технических средств экспресс-мониторинга и оценки состояния здоровья человека.

### **Показатели здоровья и методы оценки функционального состояния организма**

В конце прошлого века возникла и получила признание новая научная концепция оценки уровня здоровья и прогнозирования функциональных состояний организма. В соответствии с этой концепцией, в качестве меры здоровья принимается способность организма приспособиться, адаптироваться к окружающей среде [9]. В случае снижения адаптационных возможностей организма возникает период перехода от здоровья к болезни. Эти переходные состояния организма получили название донозологических [10]. Поэтому донозологическая диагностика, позволяющая определить изменение состояния организма до проявления патологий, является основой для развития упреждающей медицины. Находясь в донозологических состояниях, организм приспосабливается к внешним воздействиям и новым условиям путем изменения уровня функционирования отдельных органов и подсистем. Это происходит за счет работы регуляторных механизмов, направленных на мобилизацию функциональных резервов. Именно степень напряжения регуляторных систем, необходимая для сохранения гомеостаза, определяет текущее функциональное состояние человека. Задачей донозологической диагностики является распознавание текущего функционального состояния по показателям степени напряжения регуляторных механизмов и функциональных резервов. Таким образом определяются адаптационные возможности организма и дается оценка состояния здоровья человека.

Действие регуляторных систем связано в первую очередь с изменением энергетического обмена и соответствующей потребности организма в расходе кислорода. Поэтому в настоящее время состояние всего организма оценивают по состоянию сердечно-сосудистой системы, которая осуществляет транспорт кислорода ко всем органам.

Сейчас уже общепризнано, что вариабельность или разброс физиологических параметров является интегральным методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме человека. В настоящее время используются различные методы анализа вариабельности биосигналов сердечно-сосудистой системы. Все они основаны на математическом анализе спектральных и временных характеристик временных рядов – дискретной эволюции биосигналов во времени.

Методология оценки функционального состояния по вариабельности основывается на представлении регуляции в организме в форме непрерывных процессов взаимодействия

между управляющими и управляемыми элементами функциональной системы. Возникающие при этом колебания значений физиологических параметров отражают деятельность механизмов управления, и, таким образом, информация о состоянии различных звеньев системы управления заключена в «функциях разброса» [11]. Вариации физиологических параметров приводят к вариациям различных параметров регистрируемых биосигналов.

Таким образом, существующие методы позволяют оценить «функции разброса» параметров по косвенной информации, содержащейся в биосигналах.

Однако представляется более перспективным строить математические модели биосистем на основе системного подхода и оценивать разброс параметров этих моделей в процессе адаптации организма.

### **Системный подход к оценке адаптационных способностей организма**

С позиций системного подхода к исследованию сложных систем [12] важно из общей организации биосистемы выделить контур, отражающий функциональное состояние всего организма, определить модели управляющих и управляемых элементов, описать взаимосвязи между ними.

Здесь возникают следующие задачи: выбор биосистем, деятельность которой отражает функциональное состояние всего организма; разработка структуры (структурная идентификация) моделей входящих в нее элементов; идентификация параметров этих моделей.

Следует отметить, что сердечно-сосудистая система выполняет только функции транспорта кислорода, поэтому логично рассматривать для оценки функционального состояния организма всю систему кислородного обеспечения организма. Кратко назовем эту систему «сердце - сосуды - легкие».

Система «сердце-сосуды-легкие» с ее многоуровневой регуляцией представляет собой функциональную систему, конечным результатом деятельности которой является обеспечение заданного уровня функционирования целостного организма. Обладая сложными нервно-рефлекторными и нейро-гуморальными механизмами, система оксигенации обеспечивает своевременное адекватное обеспечение кислородом различных структур. При прочих равных условиях можно считать, что любому заданному уровню функционирования целостного организма соответствует эквивалентный уровень функционирования аппарата оксигенации.

Оценка и прогнозирование функционального состояния целостного организма по данным исследования системы «сердце-сосуды-легкие» основывается на следующих

положениях: изменения динамических процессов в биосистеме «сердце-сосуды-легкие» возникают раньше, чем соответствующие функциональные нарушения; изменения параметров взаимосвязей в механизме регуляции рассматриваемой биосистемы происходят раньше, чем появляются патологические изменения; исследование процессов адаптации, временной организации и координации биофизических процессов в системе «сердце-сосуды-легкие» позволяет выявлять самые начальные изменения в управляющем звене целостного организма.

Особенность рассматриваемой системы заключается в том, что все ее элементы совершают механические движения и, следовательно, подчиняются законам механики. Основываясь на концепции иерархии упрощенных моделей и мягком моделировании, будем строить приближенные функционально – структурные модели, отражающие основные особенности динамики элементов [13].

Можно сформулировать следующие требования к моделям первого иерархического уровня: непротиворечивость законам биофизики; отображение основных процессов и эффектов качественно; соответствие выбранным на данном уровне критериям адекватности.

В качестве исходной структуры той или иной модели предлагается выбирать наиболее адекватную из ряда базовых моделей, описывающих нелинейные колебания, или их модификации. Параметрическая идентификация выбранных моделей осуществляется по совокупности зарегистрированных биосигналов. В качестве исходных могут использоваться, например, ЭКГ, кинетокардиограмма, сфигмограмма сонной артерии, пневмотахограмма, спирограмма и др. Это те биосигналы, структура которых определяется параметрами генерирующих их элементов рассматриваемой биосистемы. Возможность представления сложных биофизических процессов относительно простыми модельными уравнениями обуславливается следующими обстоятельствами:

1) с позиций синергетики рассматриваемая биосистема имеет очень много степеней свободы. Однако в процессе естественной эволюции выделяются несколько главных степеней, к которым подстраиваются все остальные. Их динамика описывается сравнительно простыми нелинейными уравнениями невысокого порядка и отражает основные свойства всей сложной системы [14];

2) рассматриваются процессы вполне определенного временного масштаба, обусловленного периодами колебаний;

3) системы, функционирующие в режиме автоколебаний, имеют более простое описание.

Реконструированные математические модели содержат явную и скрытую информацию об исследуемой биосистеме. Поэтому данный подход позволяет выполнить

анализ временной организации физиологического процесса и/или оценить функциональное состояние подсистемы.

Доступность системы электрофизиологических биосигналов «сердце-сосуды-легкие» для измерения в сочетании с модельным представлением биосигналов позволяет выполнять скрининг-диагностику функционального состояния организма и решать задачи прогнозирования. Кроме того, вычисление показателей взаимосвязей в моделях исследуемых подсистем на основе зарегистрированных биосигналов позволяет определить характеристики или признаки изменения функционального состояния на ранних (донологических) стадиях. Предлагаемый подход открывают принципиально новую возможность не только диагностики, но и описания физиологии и представления знаний в медицинских информационных системах.

В работах [15, 16] приведены примеры идентификации функциональных взаимосвязей сердечно-сосудистой системы (системы «сердце-сосуды») на основе анализа синхронно регистрируемых биосигналов перемещений стенки кровеносного сосуда  $x$  и электрической активности сердца  $e$ . К примеру, в работе [16] модель подсистемы «сердце-сосуды» описывается обобщенным уравнением Ван-дер-Поля - Дуффинга:

$$\ddot{x} + [\varepsilon_1(x^2 - r^2) + \varepsilon_2(\dot{x}^2 - w_0^2 \cdot r^2)] \cdot \dot{x} + ax^3 = F_{связи},$$

где  $w = \sqrt{a}$  - частота основного гармонического колебания стенки сосуда;  $F_{связи}$  - функция, описывающая воздействие сердечной активности на динамику стенки сосуда;  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, w_0, r_0$  - неизвестные параметры, которые находятся на этапе параметрической идентификации модели. Значения  $\ddot{x}(t), \dot{x}(t), x(t), \dot{e}(t), e(t)$  определяются по экспериментально полученным данным. Функция связи  $F_{связи}$  реализована на нейронной сети Вольтерра.

Весовые коэффициенты функции связи могут рассматриваться как дополнительный диагностический критерий при диагностике функционального состояния человека.

Отметим, что структура модели отображает общие, устойчивые свойства биосистемы, а параметры моделей, которые определяются по биосигналам, отображают индивидуальные, специфические, свойства. Поэтому предложенное модельное представление биосистемы носит сугубо индивидуальный характер, присущий конкретному человеку.

Это создает предпосылки для перехода от концепции среднестатистического больного к персонализированной медицине. Рассматриваемый подход позволяет создавать структурно-параметрические модели, объективно отражающие состояние органа при действии различных факторов, в удобной форме хранить эту информацию и легко обрабатывать ее различными математическими методами.

## **Принципы компьютерного представления ВФО**

Составной частью общей виртуальной модели физиологии человека является компьютерная модель биосистемы «сердце – сосуды – легкие». Принципы ее описания и представления могут быть использованы при разработке других моделей биосистем.

Реализация компьютерной модели в форме программного модуля осуществляется на принципах переносимости, многократного использования кода, модульности, независимости от программно-аппаратных платформ и объектно-ориентированного подхода.

Программная модель ВФО имеет несколько уровней представления, где реализуются:

- математические модели физиологических процессов;
- управление процессом идентификации и моделирования при решении различных прикладных задач, например, прогнозирование изменения функционального состояния при тех или иных воздействиях;
- интерфейсы взаимодействия с базой данных биосигналов и модулями обработки.

Модельные уравнения описывают динамику отдельных элементов биосистемы и механизмы связей между ними. Возможные варианты структур моделей описываются с использованием языка XML и хранятся в соответствующей базе данных. Математические модели, реализованные подобным образом, могут использоваться многократно в различных исследованиях многими пользователями совместно с другими моделями. По существу, это есть составляющая электронного описания изделия в терминологии CALS-технологий.

Преобразование ВФО в программный модуль может быть выполнено различными способами, например, с промежуточным описанием уравнений в декларативной форме с использованием языка Modelica.

Далее формируются классы объектов, на принципах объектно-ориентированного программирования. И наконец, объединяя класс модели ВФО, класс управления процессом и несколько классов источников данных строится класс ВФО.

На заключительном этапе получения автономного программного модуля осуществляется параметрическая идентификация виртуальной модели с использованием биосигналов конкретного пациента. В результате выполняется «привязка» модели к конкретному человеку.

## **Прототип виртуального центра охраны здоровья**

Основные положения концепции, предложенная модельная форма представления знаний о функциональном состоянии человека реализована в биомедицинской информационно-аналитической системе (БИАС) [17]. Функциями БИАС являются:

- регистрация входных данных (электрокардиограмма, пульсограмма, пневмотахограмма);
- формирование моделей подсистем по биосигналам;
- исследование и формирование классификационных признаков;
- генерация отчетов о функциональном состоянии организма пациента;
- учет и хранение персональной информации (личных данных пациентов, информации о госпитализации, истории болезни, результатов проведенных исследований).

При разработке рассматриваемого макетного варианта виртуального центра акцент был сделан на использование открытого программного обеспечения.

Макет виртуального центра представляет собой распределенную БИАС, содержащую устройства удаленного доступа, web-сервер, клиентские приложения и сервер обработки (рис. 3).



Рис. 3. Структура прототипа

Устройства удаленного доступа регистрируют электрофизиологические биосигналы и другую информацию о пациенте и отправляют их подсистеме обработки информации, используя различные протоколы и каналы связи.

В системе использованы два типа устройств удаленного доступа. Первый тип –

мобильный терминал (МТ) регистрации биосигналов на основе микроконтроллера [18]. Второй тип - это информационно-измерительная система ЛПУ с выходом в Интернет.

Клиентское приложение - это пользовательский интерфейс, при помощи которого осуществляется доступ к ресурсам виртуального центра. Представленная БИАС предусматривает работу двух групп пользователей: группа исследователей и группа лечащих врачей. Для каждой группы пользователей определен набор системных функций и их комбинации.

Наконец, сервер обработки информации выполняет функции провайдера виртуального центра. Это набор программно-аппаратных средств, осуществляющих обработку и накопление знаний о пациентах. В основу данной подсистемы положена технология web-сервисов, оперирующая тремя основными понятиями: набор сервисов, генератор сценариев и исполняемый сценарий. Фактически каждый исполняемый сценарий является приложением, разработанным для определенной группы пользователей. Набор сервисов представляет совокупность базовых функций, которые когда-либо могут потребоваться для работы приложений. Логика формирования сценариев основывается на предопределенных правилах, адекватных конкретному случаю.

Следует отметить, что для универсального использования баз данных (с медицинской информацией) несколькими приложениями был реализован инструмент стандартизации данных. В основу инфраструктуры БИАС была положена открытая XML-технология, являющаяся удобным форматом представления, преобразования и обработки биомедицинских данных.

### **Заключение**

Развитие микроэлектроники и телекоммуникаций позволяют включить пациента в единое информационное пространство системы здравоохранения, независимо от его местоположения. Проблемы информационной совместимости предлагается решать на принципах CALS технологий, что позволяет объединить в информационном пространстве ЛПУ и предприятия медицинской промышленности. Сервис-ориентированная архитектура является основой программной реализации виртуального центра.

Базовой составляющей «электронного описания изделия» логично принять виртуальную физиологию человека, включающую математическую модель биосистемы «сердце-сосуды-легкие». Использование языка XML делает модель доступной для различных групп пользователей. Эта модель является удобной формой представления знания и позволяет отслеживать состояние здоровья человека на протяжении всего жизненного цикла.

Помимо поддержки клинической медицины, накопленные о пациенте данные, представленные в унифицированной форме электронного описания (расширенной форме электронной болезни), могут быть использованы в научных целях для выявления новых закономерностей.

Программно-аппаратная часть системы строится на принципах открытой архитектуры и свободно распространяемого ПО, что позволяет обеспечить гибкую перенастройку, интеграцию разнородных данных, моделей и процессов.

Представляется обоснованной как с технической, так и с финансовой точек зрения идея реализации виртуального центра совместно с одной из телекоммуникационных компаний.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 07-07-12066).*

### **Литература**

1. Дмитриева Н.В., Глазачев О.С. Индивидуальное здоровье и полипараметрическая диагностика функциональных состояний организма (системно-информационный подход). – М.: Медицина, 2000. – 214 с.
2. Williams G., Doughty K., Bradley D. A Systems Approach to Achieving CarerNet – An Integrated and Intelligent Telecare System // IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine. – 1998. – Vol. 2, No. 1. - Pp. 1-9.
3. Winters J., Wang Y. Wearable Sensors and Telerehabilitation // IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. – 2003. – No. 3. – Pp. 56-65.
4. Paradiso R., Loriga G., Taccini N. A Wearable Health Care System Based on Knitted Integrated Sensors // IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine. – 2005. – Vol. 9, No. 3. - Pp. 337-344.
5. Вопросы создания Единого информационного пространства в системе здравоохранения РАН / Н.Г. Гончаров, Я.И. Гулиев, Ю.В. Гуляев и др. // Информационные технологии и вычислительные системы. - 2006. – № 4. – С. 83-94.
6. Богомолов А.В., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А., Ушаков И.Б. Диагностика состояния человека: математические подходы. – М.: Медицина, 2003. – 464 с.
7. Prado M., Roa L., Reina-Tosina J. Virtual Center for Renal Support: Technological Approach to Patient Physiological Image // IEEE Transaction on biomedical engineering. - 2002. - Vol. 49, №12. Pp. 1420-1430.

8. Уорнер М., Витцель М. Виртуальные организации. Новая форма ведения бизнеса в XXI веке / Пер. с англ. – М.: Добрая книга, 2005. – 296 с.
9. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. - М.: Медицина, 1997. – 236 с.
10. Баевский Р.М., Казначеев В.П. Диагноз донозологический // М.: БМЭ, 1978. - Т. 7. - С. 253-255.
11. Баевский Р.М. Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развитие в космической медицине // Успехи физиологических наук. – 2006. – Т. 37, № 3. – С. 42-57.
12. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. Серия «Системы и проблемы управления». – М.: Синтег, 2000. – 528 с.
13. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Изд. 5-е – Издательство ЛКИ, 2007.- 312 с. (Синергетика: от прошлого к будущему).
14. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 336 С.
15. Методика идентификации сложных систем / А.В. Коблов, А.В. Ланцберг, Н.С. Самочетова, С.И. Суятинов // Вестник СГТУ. – 2007. – № 4 (27). – С. 31-37.
16. Выявление групп риска у людей с высоким уровнем холестерина: статистический и модельный подходы / Т.И. Булдакова, В.Б. Лифшиц, С.И. Суятинов // Информационные технологии моделирования и управления. – 2008. - № 4 (47). - С. 363-368.
17. Программно-аналитический комплекс модельной обработки биосигналов / Т.И. Булдакова, В.И. Гриднев, К.И. Кириллов и др. // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2009. - № 1. –С. 71-77.
18. Информационно-измерительный комплекс совместной регистрации и обработки биосигналов / Т.И. Булдакова, А.В. Коблов, С.И. Суятинов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2008. - №6. – С. 41-46.

## Conceptual model of virtual centre of public health services

# 08, August 2012

DOI: 10.7463/0812.0550846

Anischenko V.S., Buldakova T.I., Dovgalevskii P.Ya., Lifshic V.B., Gridnev V.I.,  
Suyatinov S.I.

Russia, Saratov State University named after N.G. Chernishevskiy  
Russia, Bauman Moscow State Technical University  
Russia, Saratov Institute of Cardiology  
Russia, Saratov State Medical University  
Russia, Saratov State Technical University

[buldakova@bmstu.ru](mailto:buldakova@bmstu.ru)

[suyatinovsi@gmail.com](mailto:suyatinovsi@gmail.com)

There are considered the substantive provisions, principles, conditions and mechanisms of realisation in the form of the virtual centre of the new concept in public health services – the personalised medicine. The virtual centre unites all making elements of system of public health services on the basis of the general information field, providing information gathering, the deep analysis and an exchange of great volumes of the data. In this concept the important problem is creation of virtual human physiology. The virtual "copy" of the patient constructed by means of mathematical models of elements and subsystems of an organism, describes activity of physiological subsystems of the person and represents its virtual physiological image. Component of the general virtual model of human physiology is the computer model of biosystem «heart – vessels – lungs». The method of construction of this model on the basis of structurally-parametrical identification and its use for an estimation of a functional state is offered. Transition to the virtual form of the organisation of public health services assumes stage-by-stage realisation of separate projects. A priority problem of the first stage is creation of methods and means of express monitoring and an estimation of a state of health of the person. The prototype of the virtual centre of health protection is offered.

---

**Publications with keywords:** [monitoring](#), [personalised medicine](#), [estimation of functional state](#), [virtual physiological image](#), [biosignals](#), [system «heart – vessels - lungs»](#), [model equations](#)

**Publications with words:** [monitoring](#), [personalised medicine](#), [estimation of functional state](#), [virtual physiological image](#), [biosignals](#), [system «heart – vessels - lungs»](#), [model equations](#)

---

## References

1. Dmitriev N. V., Glazachev O. S. Individual health and polyparametrical diagnostics of functional conditions of an organism (system and information approach). – M: Medicine, 2000. – 214 pages.
2. Williams G., Doughty K., Bradley D. A Systems Approach to Achieving CarerNet – An Integrated and Intelligent Telecare System // IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine. – 1998. – Vol. 2, No. 1. - Pp. 1-9.
3. Winters J., Wang Y. Wearable Sensors and Telerehabilitation // IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. – 2003. – No. 3. – Pp. 56-65.
4. Paradiso R., Loriga G., Taccini N. A Wearable Health Care System Based on Knitted Integrated Sensors // IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine. – 2005. – Vol. 9, No. 3. - Pp. 337-344.
5. Questions of creation of the Common information space in health system RAS / N.G. Goncharov, Ya.I. Guliyev, Yu.V. Guljaev, etc. // Information technologies and computing systems. - 2006 . – No. 4. – Page 83-94.
6. Bogomolov A.V., Gridin L.A., Cuckushkin Yu.A., Ushakov I.B. Diagnostics of a condition of the person: mathematical approaches. – M: Medicine, 2003. – 464 p.
7. Prado M., Roa L., Reina-Tosina J. Virtual Center for Renal Support: Technological Approach to Patient Physiological Image // IEEE Transaction on biomedical engineering. - 2002. - Vol. 49, №12. - Pp.1420-1430.
8. Warner M., Vittsel M. Virtual organizations. New form of business in XXI Eyelid / Lane with English – M: Kind book, 2005. – 296 pages.
9. Bayevsky R.M., Bersenev A.P. Assessment of adaptation opportunities of an organism and risk of development of diseases. - M: Medicine, 1997. - 236 pages.
10. Bayevsky R.M., Kaznacheev V.P. Diagnosis prenosological // Moscow: BED, 1978. – Vol. 7. - Pp. 253-255.
11. Bayevsky R.M. Problem of an assessment and forecasting of a functional condition of an organism and its development in space medicine // Successes of physiological sciences. – 2006. – Vol. 37, No. 3. – Pp. 42-57.
12. Prangishvili I.V. System approach and system-wide patterns. Series "Systems and management problems." - Moscow: SINTEG, 2000. – 528 pages.
13. Malinetskii G.G. Mathematical foundations of Synergetics: Chaos, structure, computer experiment. Ed. 5th - LCI Publisher, 2007. - 312 p. (Synergetics: from the past to the future).
14. Malinetskii GG, Potapov AB Modern problems of nonlinear dynamics. - Moscow: Editorial URSS, 2000. - 336 pages.

15. Technique of identification of difficult systems / A.V. Koblov, A.V.Lantsberg, N.S. Samochetova, S.I. Suyatinov // Bulletin SSTU. – 2007. – No. 4 (27). – Pp. 31-37.
16. Identification of risk groups for people with high cholesterol levels: statistical and modeling approaches / T.I. Buldakova, V.B. Lifshitz, S.I. Suyatinov // Information Technology modeling and management. - 2008. - No 4 (47). - Pp. 363-368.
17. Program and analytical complex of model processing of biosignals / T.I. Buldakova, V.I.Gridnev, K.I.Kirillov, etc.//Biomedical technologies and radio electronics. – 2009. - No. 1. – Pp. 71-77.
18. Information and measuring complex of joint registration and processing of biosignals / T.I. Buldakova, A.V.Koblov, S.I.Suyatinov // Devices and systems. Management, control, diagnostics. – 2008. - No. 6. – Pp. 41-46.