

В.А. ПЕТРУХИН, Ю.О. ПОГРЕБНЯК, В.О. РУЗОВ,
А.О. ТАРАЙМОВИЧ, С.Х. ШАЙХЛИСЛАМОВ,
М.М. АРТЕМЬЕВА, А.А. ДАНЬШИН

**МОНИТОРИНГ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
И АДАПТИВНЫХ РЕЗЕРВОВ
ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

Введение. Методы и информационные технологии системного анализа стали широко использоваться в конце XX века [1, 2]. В настоящее время получило развитие принципиально новое направление деятельности – переход от системы, ориентированной от лечения заболевания, к системе сохранения и формирования здоровья граждан, основанной на приоритете здорового образа жизни, культуры здоровья, оздоровительных программах, направленных на профилактику болезней. Оздоровительная физическая культура в настоящее время одним из основных факторов здорового образа жизни.*

Учитывая повышенные нагрузки, связанные с нелегкой учебой, у современных студентов и молодежи, сотрудников, работающих в сфере реальной экономики, других организованных контингентов населения, часто наблюдаются общие признаки нарушения здоровья: быстрая утомляемость, низкая работоспособность, раздражительность, нарушение сна, избыток или недостаток веса, головные боли, нарушения периферического кровообращения.

В работе рассматриваются технологии поддержки здорового образа жизни, использующие мобильные гаджеты, датчики и сер-

Рассматриваются информационные технологии мониторинга функциональных и адаптивных резервов организма человека на основе использования мобильных гаджетов, датчиков и сети Интернет.

© В.А. Петрухин,
Ю.О. Погребняк, В.О. Рузов,
А.О. Тараймович,
С.Х. Шайхлисламов,
М.М. Артемьева,
А.А. Даньшин, 2013

* Работа содержит результаты исследований, имеющих финансовую поддержку по проекту Министерства образования и науки Российской Федерации.

В.А. ПЕТРУХИН, М.М.АРТЕМЬЕВА, А.А.ДАНЬШИН, Ю.О.ПОГРЕБНЯК,
В.О.РУЗОВ, А.О.ТАРАЙМОВИЧ, С.Х.ШАЙХЛИСЛАМОВ

висы сети Интернет. Основная цель исследования – это создание обратной связи между системой и пользователем.

Состояние проблемы. В результате бума мобильных устройств, все больше людей приспособливают их для оздоровительных целей, чтобы регулярно отслеживать данные о состоянии своего здоровья. Знакомство с новыми технологиями позволило многим людям изменить их общий подход к собственному здоровью. Исследования подтверждают, что около 21 % людей, следящих за своим состоянием, делают это с помощью информационных технологий.

Большинство людей с несколькими хроническими заболеваниями отметили, что после тесного «общения» со своим смартфоном и постоянного напоминанием о пульсе, инсулин и другие показатели, в них возникли новые вопросы к врачу или даже желание проконсультироваться у нескольких специалистов.

Оздоровительные и медицинские программы и услуги всегда были и на сегодня являются самой быстрорастущей категорией в IT-секторе. Венчурное финансирование этого сегмента выросло в мире на 20 % с января по сентябрь 2012 года. Этот рост определяется увеличением потребительского интереса к оздоровительным практикам и медицинского сопровождения в целом. Рынок «мобильного здоровья» и IT-мониторинга будет расти еще активнее после вступления в силу нового закона президента США Барака Обамы (2014 г.) о здравоохранении, существенно увеличивающего расходы на официальную амбулаторную медицину. Аналогичные шаги в данном направлении принимаются в настоящее время в Украине и России.

В проекте развиваются новые информационные технологии, обеспечивающие поддержку здорового образа жизни, изучение пользователями системной устойчивости своего организма на основе обработки результатов мониторинга функциональных параметров. Разрабатываются современные технологии функционального мониторинга организма, в первую очередь, с помощью портативных датчиков, сбора информации по ним с помощью современных гаджетов, создания и анализа архивов исследований [3, 6].

Структура программно-технических средств. Каждый пользователь имеет набор измерительных датчиков, подключенных к мобильному устройству (смартфону). Мобильное устройство в совокупности с датчиками является расширением обычных возможностей клиента системы. Все данные, записываемые во время занятий оздоровительной физической культурой (бег, езда на велосипеде, плавание, ходьба, прогулки и т. д.), аккумулируются мобильным устройством для дальнейшего их хранения, обработки и сравнительного анализа, выработки рекомендаций по коррекции состояния здоровья пользователя.

Комплекс, реализующий информационные технологии мониторинга функциональных и адаптивных резервов организма человека на основе использования мобильных гаджетов, датчиков и сети Интернет, с помощью которого оценивается психофизиологическое состояние человека состоит из трех основных частей (рис. 1):

- датчик для измерения длительностей сердечного сокращения, использующий технологию Bluetooth Smart;

- клиентское приложение, разработанное для персонального компьютера или мобильного телефона, использующее протокол Bluetooth для связи и получения данных с вышеупомянутого датчика;
- серверное приложение, обрабатывающее данные и сохраняющее их в базе данных для дальнейшего использования, а также имеющее Web-интерфейс для отображения исходных данных и результатов исследования.

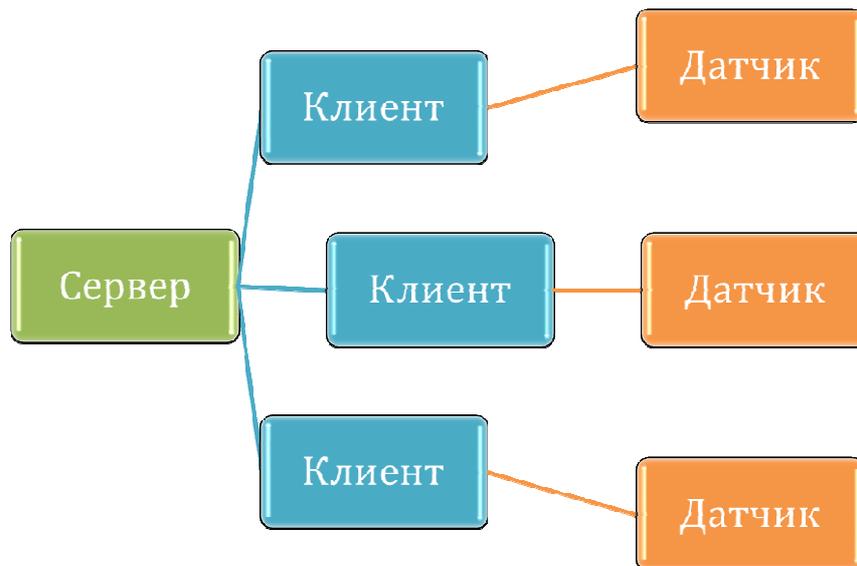


РИС. 1. Структурная схема комплекса мониторинга функциональных и адаптивных резервов человека

На первом этапе исследования в части создания быстрого прототипа разработка выполнялась в двух из трех вышеупомянутых направлениях: клиентское и серверное приложения.

Клиентское приложение, в данный момент разрабатывается для следующих платформ:

- Microsoft Windows XP/Vista/7/8;
- Apple Mac OS X;
- Apple iOS;
- Google Android.

Связь с датчиком сердечных сокращений осуществляется с помощью технологии Bluetooth. Для работы с датчиком в среде Microsoft Windows необходимо использование дополнительного устройства Bluegiga BLE112 (рис. 2). Это устройство подключается по интерфейсу USB и позволяет взаимодействовать с датчиком с помощью интерфейса последовательного порта. Таким образом, использование приложения возможно на базе любой настольной платформы семейства Microsoft Windows начиная с Windows XP.

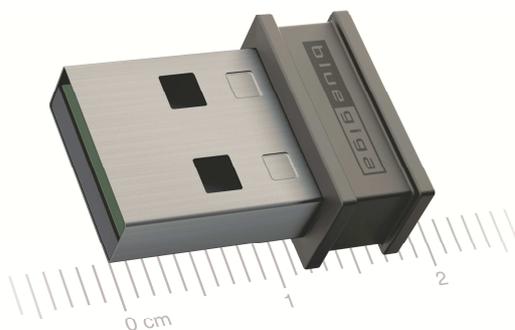


РИС. 2. Bluetooth датчик Bluegiga BLED112

Исследовательское программное приложение, разработанное для других платформ (Apple Mac OS X, Apple iOS, Google Android) не требует использования дополнительных устройств, нужна только поддержка используемым устройством протокола Bluetooth 4.0. Данные с датчика приходят в виде массива битов. В этом массиве содержится информация о следующих параметрах: текущая частота сердечных сокращений, массив длительностей интервалов между соседними сердечными сокращениями.

Концепция клиент-сервер позволяет хранить всю информацию в одном месте и при этом позволяет снять нагрузку с устройства-клиента, необходимую для расчетов и обработки данных.

Взаимодействие клиентского приложения с сервером происходит по протоколу HTTP, который, в свою очередь, является прикладным протоколом транспортного протокола TCP/IP, что гарантирует отсутствие потерь данных. Также планируется использование протокола HTTPS для безопасной передачи данных, но его использование может повлечь за собой значительное увеличение вычислительных нагрузок из-за использования RSA-шифрования. При использовании системы в рамках локальной сети без доступа к сети Интернет является достаточным использование небезопасного протокола HTTP.

Приложение-клиент выполняет две основные функции:

- получение данных с датчика;
- передачу данных на сервер.

Работа системы возможна также в условиях отсутствия доступа к сети Интернет. Для этого организована и разработана подсистема локального сохранения данных и синхронизации их с сервером. Для сохранения локальных данных используется система управления базами данных SQLite 3.0. Это позволяет значительно облегчить работу с локальным хранилищем, и, при этом уменьшить размер сохраняемых данных.

Преимуществом использования беспроводных технологий для передачи данных является минимизация помех для исследуемого человека в пользовании системой. Пользователь не связан с компьютер кабелем, вследствие чего он может не стесняться себя в движениях и иметь свободу действий. Единственным ограничением для пользования является необходимость находиться в области видимости датчика компьютером и/или мобильным телефоном (максимальное расстояние, на котором возможен прием данных – 10 м). Использование датчиков, поддерживающих технологию Bluetooth Smart, позволяет значительно уменьшить энергопотребление и, соответственно, увеличить время автономной работы датчика и устройства, подключающегося к нему. Также использование таких датчиков позволяет использовать доступный и открытый протокол, благодаря чему возможна поддержка связи с датчиком практически любой современной платформы.

Разработаны приложения для коллективного сбора данных для Microsoft Windows и Mac OS X. Приложения позволяют пользоваться системой сразу несколькими операторами (пользователями и обслуживающим персоналом) на одном и том же устройстве, что удобно при проведении экспериментальных апробаций и проведения массовых исследований. Имеется также возможность подключения к одному компьютеру до 20 датчиков, что позволяет снимать данные сразу целых групп пользователей, значительно оптимизируя при этом процедуру сбора и обработки информации.

Приложения разрабатываются с помощью нативных для каждой платформы средств разработки (Microsoft .NET Framework для Windows, Cocoa Framework для Mac OS X, Cocoa touch Framework для iOS и Android Application Framework для Android), что позволяет достичь максимальной производительности приложений и максимально соответствовать требованиям аппаратной платформы, для которой ведется разработка. Разработка приложений для платформы Microsoft Windows ведется на языке C#, Apple Mac OS X и iOS – Objective-C, Google Android – Java. В процессе исследования программно-аппаратных средств количественной и качественной оценки психофизиологического состояния человека разработан и реализован исследовательский интернет-сервис для тестирования методик определения психоэмоционального состояния пользователя, структура которого показана на рис. 3.



РИС. 3. Структурная схема комплекса количественной и качественной оценки психофизиологического состояния человека

Данные регистрируются посредством датчика Polar H7, использующего беспроводную технологию передачи данных Bluetooth 4.0 (рис. 4). Отличительная особенность технологии Bluetooth 4.0 – это низкое энергопотребление, что позволяет функционировать датчику на протяжении 350 часов от одной батарейки. Максимальная дальность передачи данных составляет 10 метров. Датчик передает последовательные длительности сердечных циклов на смартфон или иное устройство, имеющие интерфейс Bluetooth 4.0 (компьютер, ноутбук и пр.), где они агрегируются с использованием защищенного протокола передачи данных и среды сети Интернет транслируются на центральный сервер.



РИС. 4. Датчик Polar H7 (Bluetooth smart)

На сервере обеспечивается хранение, обработка и визуализация данных. Скриншоты сервиса показаны на рис. 5, 6.

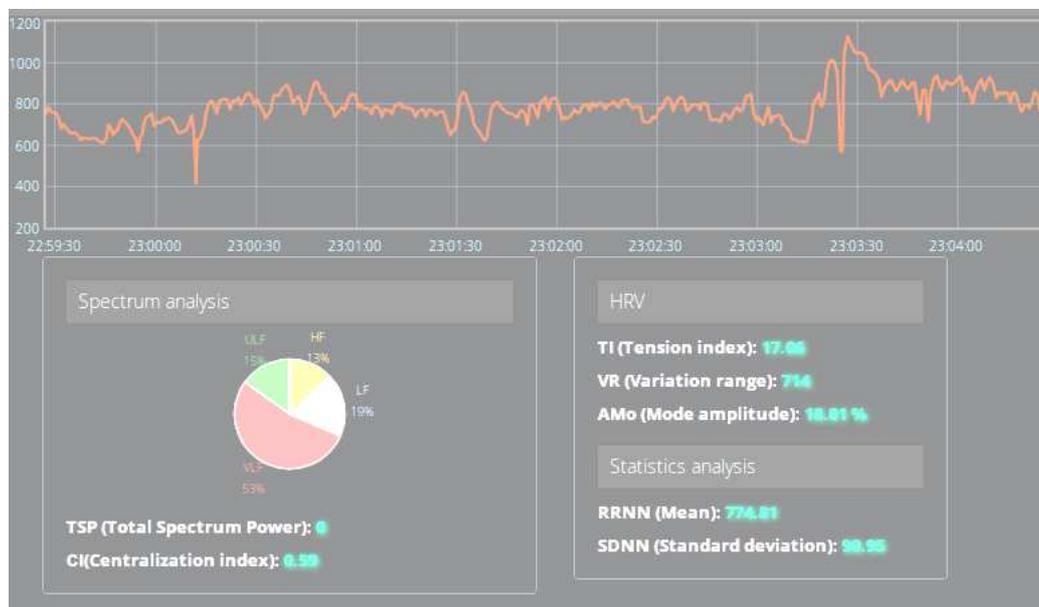


РИС. 5. Исходные данные и производные показатели

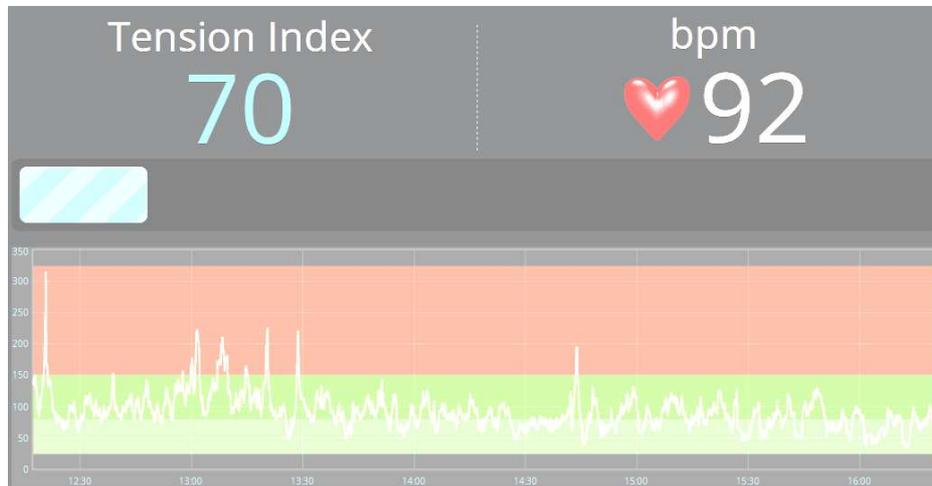


РИС. 6. Скриншот основного окна сервиса

На серверной стороне используются следующие технологии открытого программного обеспечения:

- операционная система Ubuntu 11.10 Server Edition;
- свободная объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL 8.4.8;
- сервер приложений GlassFish 3.1.1 на Java Enterprise Edition с открытым исходным кодом.

Таким образом, пользователь, зарегистрировавшись на сайте сервиса, может отслеживать динамику своего психоэмоционального состояния.

Для исследовательской работы в системе предусмотрена роль консультанта-исследователя-доктора, имеющего по согласию испытуемого доступ к его данным.

Состояние работы. Идея работы состоит в разработке рекомендательного сервиса для мониторинга психофизиологического состояния человека. Заключение о состоянии его здоровья делается на основе анализа показателей сердечной активности. Для сбора данных используются портативные датчики и мобильные гаджеты, вычисления и хранения данных происходит в облаке (на специальном выделенном сервере). Проект решает проблему нерационального использования ресурсов организма и ведение нездорового образа жизни.

Проект ориентирован на пользователей, стремящихся вести здоровый образ жизни. С помощью портативного сенсора ведется регулярный мониторинг сердечной активности, на основе чего делается вывод о психоэмоциональной состоянии человека (рассчитывается стресс-индекс). Сервис поможет выбрать пути коррекции функционального состояния пользователей, учитывая физиологические характеристики основных видов оздоровительной физической культуры на основе данных объективного контроля.

В проекте развиты новые информационные технологии, обеспечивающие поддержку здорового образа жизни, изучения пользователями системной устойчивости своего организма на основе обработки результатов мониторинга функциональных параметров. Разработана современная технология функционального мониторинга организма, в первую очередь, с помощью портативных датчиков, сбора информации по ним с помощью современных гаджетов, создания и анализа архивов исследований.

Актуальной, с нашей точки зрения, является задача разработки мобильных, социальных сервисов и внедрения современных технологий, которые позволили бы использовать возможности и культуру здорового образа жизни. Разработанная технология для сохранения и укрепления здоровья человека путем всестороннего и гармоничного развития.

Рекомендации формируются на основе методики, разработанной при решении задач медико-биологического обеспечения состояния космонавтов во время подготовки к полету. Методика включает в себя комплексный анализ последовательности длительностей сердечного цикла.

Наиболее всесторонний показатель, хотя и не всегда отражающий все глубинные взаимодействия, – это показатель активности регуляторных систем (ПАРС), предложен еще в начале 80-х годов и является довольно эффективным в оценке адаптационных возможностей организма.

Информация, полученная в ходе использования системы, может использоваться в корпорации для планирования культурных и оздоровительных мероприятий, что будет способствовать повышению эффективности деятельности корпорации.

В настоящее время поддерживается Web-интерфейс и клиентские программы для Android, iOS, Windows XP/Vista/7, Mac OS X. В будущем планируется поддержка других платформ.

Заключение. Основная особенность проживания человека в современном мегаполисе – это постоянная подверженность организма комплексным мульти-стрессовым психологическим, социальным и технологическим воздействиям. Следствием такого воздействия часто являются донологические признаки нарушения здоровья: нарушения в работе сердечно-сосудистой системы, быстрая утомляемость, низкая работоспособность, раздражительность, нарушение сна, избыток или недостаток веса, головные боли.

Основная цель работы – это создание программно-аппаратного комплекса индивидуального мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы, включающего прикладные сервисы диагностики на основе обработки информации ряда длительностей RR-интервалов, уровня оксигенации крови и функции внешнего дыхания.

Такой комплекс позволит отслеживать, и в случае необходимости корректировать психофизиологическое состояние человека, проводить мониторинг функциональных и адаптивных резервов организма на основе использования мобильных устройств, датчиков и сервисов, доступных через сеть Интернет.

Назначение проекта – это создание обратной связи между системой и пользователем. Каждый пользователь программно-аппаратного комплекса имеет набор измерительных датчиков, которые подключены к мобильному устройству (смартфону или портативному компьютеру). Мобильное устройство в совокупности с датчиками является расширением обычных возможностей клиента системы. Все данные аккумулируются мобильным устройством для дальнейшего их хранения, обработки и сравнительного анализа, выработки рекомендаций по коррекции состояния здоровья пользователя комплекса.

Научная новизна предлагаемых в проекте решений состоит в использовании современных технологий и средств с поддержкой в сети Интернет, позволяющих использовать возможности и культуру здорового образа жизни, преимущественно в сфере досуга и образа мышления, что удовлетворяют естественные психоэмоциональные, культурные и физиологические потребности человека, направленные на сохранение и укрепление его здоровья, обеспечивая самоутверждение посредством всестороннего и гармоничного развития.

В.О. Петрухин, Ю.О. Погребняк, В.О. Рузов, А.О. Тараймович, С.Х. Шайхлисламов, М.М. Артемьева, А.А. Даньшин

МОНИТОРИНГ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ І АДАПТИВНИХ РЕЗЕРВІВ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

Розглядаються інформаційні технології моніторингу функціональних і адаптивних резервів організму людини на основі використання мобільних гаджетів, датчиків та мережі Інтернет.

V.A. Petrukhin, Y.O. Pogrebnyak, V.O. Ruzov, A.O. Taraymivich, S.H. Shaykhislamov, M.M. Artemyeva, A.A. Danshin

MONITORING FUNCTIONAL AND ADAPTIVE PROVISION OF HUMAN

The article deals with information technology for monitoring the functional and adaptive reserves of the human body through the use of mobile gadgets, sensors and Internet.

1. Глушков В.М., Петрухин В.А., Попов А.А. Системный подход к моделированию в медицине // Кибернетика и вычислительная техника. – 1977. – Вып. 36. – С. 3–6.
2. Петрухин В.А. О языке формализации опыта экспертов системы представления и интерпретации знаний в динамических предметных средах // Проблемы програмування. – 2002. – № 1-2. – С. 441–446.
3. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М., Медицина, 1979. – 298 с.
4. Петрухин В.А., Корсун Н.А., Баум О.В. и др. Программно-алгоритмические средства комплекса для сбора и обработки электрокардиосигналов // Управляющие системы и машины. – 1989. – № 4. – С. 103–106.

5. *Способ* диагностики локальных изменений состояния миокарда: А.с. № 2002032456 Украина МКИ / В.А. Петрухин, В.Н. Мамаев, А.С. Коваленко, Т.В. Петрухина, В.А. Шумаков; заявлено 15.01.2003; Опубл. бюл. № 1 28.03.2003. – 10 с.
6. *Артемьева М.М., Петрухин В.А., Цибрий К.Ю.* Оценка эффективности комплексного авиационного тренажера // Компьютерная математика. – 2012. – № 2. – С. 135–145.

Получено 30.06.2013

Об авторах:

Петрухин Владимир Алексеевич,

профессор Московского физико-технического института (государственного университета),
ведущий научный сотрудник Института кибернетики имени В.М.Глушкова НАН Украины,
E-mail vapetr@gmail.com

Погребняк Юрий Олегович,

студент Московского физико-технического института (государственного университета),
E-mail rogg.yuo@gmail.com

Рузов Василий Олегович,

студент Московского физико-технического института (государственного университета),
E-mail ruzov.vo@gmail.com

Тараймович Александр Олегович,

студент Московского физико-технического института (государственного университета),
E-mail taraymovich@gmail.com

Шайхлисламов Сабир Хаиретдинович,

студент Московского физико-технического института (государственного университета),
E-mail sha-sabir@yandex.ru

Артемьева Мария Михайловна,

аспирантка Московского физико-технического института (государственного университета),
E-mail maria.m.artemieva@gmail.com

Даньшин Антон Анатольевич,

студент Московского физико-технического института (государственного университета).
E-mail anton.danshin@frtk.ru