

# Системный анализ в медицине и биологии

## Информационные и когнитивные технологии здоровьесбережения (обзор)\*

В.Н. Крутько<sup>I,II</sup>, В.И. Донцов<sup>I</sup>, Н.С. Потемкина<sup>I</sup>, Т.М. Смирнова<sup>I</sup>, К.А. Федин<sup>III</sup>, А.В. Федина<sup>II</sup>,  
А.М. Большаков<sup>II</sup>, Т.М. Ходыкина<sup>II</sup>

<sup>I</sup> Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия

<sup>II</sup> Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия

<sup>III</sup> РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

**Аннотация.** Эффективное управление здоровьем является сложнейшей междисциплинарной и межведомственной задачей. При этом основным фактором здоровьесбережения является здоровый образ жизни (ЗОЖ). Для управления ЗОЖ адекватным является «метод управления целями», базирующийся на создании эффективной здоровьесберегающей информационной среды, в которую должен быть погружен каждый конкретный человек с его личными особенностями и индивидуальными характеристиками окружающей социальной и природной среды. Управление ЗОЖ должно осуществляться мягкими методами индивидуальных информационных воздействий, предлагающих современные научно обоснованные здоровьесберегающие технологии ЗОЖ с учетом индивидуальных привычек и предпочтений человека. Эффективным средством воздействий является среда Интернет. В работе приводится обзор современных информационных и когнитивных технологий здоровьесбережения.

**Ключевые слова:** *здоровье, информационные технологии, когнитивные технологии, здоровьесбережение, профилактическая медицина, персонализированная медицина.*

**DOI:** 10.14357/20790279190105

### Введение

Значение информатики для поддержания здоровья населения в настоящее время увеличивается, чему способствуют цифровизация всех сфер человеческой деятельности, снижение уровня здоровья населения даже для развитых стран и постарение населения с увеличением значимости возрастных заболеваний [1].

Существуют многочисленные сайты и порталы, содержащие достаточно качественную профес-

сиональную информацию для врачей и пациентов, связанную с лечением тех или иных заболеваний. С другой стороны, богатый опыт применения информационных технологий в области клинической медицины может быть весьма полезным для сферы здоровьесбережения.

Целью публикации является обзор современных тенденций, направлений и возможностей Интернет-технологий и мобильных приложений для диагностики состояния здоровья и разработки персонализированных программ здоровьесбережения.

\* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, грант № 17-07-00528. Методология и информационные технологии диагностики старения человека.

## 1. Проблемы информатики здоровья

При реализации технологий здоровьесбережения возникают проблемы мониторинга и оценки состояния здоровья в масштабе популяции или нации, выявления эмоционального состояния, причин изменения состояния здоровья, проблемы выявления отношения населения к ЗОЖ и здоровьесберегающим технологиям вообще. Указанные проблемы связаны и с формированием целевых воздействий на население, на изменение образа жизни, использование здоровьесберегающих технологий [2, 3].

В настоящее время глобальная сеть Интернет все больше трансформируется в медиа – социальные сети, блоги, форумы и т.д. Анализ социальных медиа позволяет решить задачи выявления в Интернете целевых социальных групп, нуждающихся в использовании здоровьесберегающих технологий, задачи определения отношения пользователей социальных медиа к здоровьесберегающим технологиям, мониторинга состояния их здоровья [4, 5]. Эффективное управление здоровьем является сложнейшей междисциплинарной и межведомственной задачей. При этом ЗОЖ является основным фактором здоровьесбережения. Для управления ЗОЖ адекватным является «метод управления целями», создание эффективной здоровьесберегающей информационной среды, в которую должен быть погружен каждый конкретный человек, поскольку объектом управления здесь является именно конкретный человек с его личными особенностями и индивидуальными характеристиками окружающей его социальной и природной среды [3]. Управление ЗОЖ должно осуществляться мягкими методами индивидуальных информационных воздействий, предлагающих современные научно обоснованные здоровьесберегающие технологии с учетом индивидуальных предпочтений. Эффективным средством воздействий является среда Интернет.

## 2. Мобильные устройства и Интернет-технологии для здоровьесбережения

Недавно в медицине появилось новое направление – *мобильная медицина*, где для сбора данных о состоянии здоровья пациентов используются мобильные устройства. Существуют различные способы организации сбора показателей здоровья с помощью беспроводных локальных сетей [6-11]. Интегрированные в них датчики можно разделить на две группы: устройства, находящиеся на теле пациента и устройства, устанавливаемые в жилых помещениях. К первой группе относятся: тревожные кнопки, акселерометры, датчики пульса,

датчики частоты и объема дыхания, датчики температуры тела, датчики артериального давления, пульсоксиметр, глюкометр, GPS-передатчик, имплантируемые устройства. Вторая группа включает в себя: датчики занятости кровати, датчики концентрации газа, дыма, наличия огня, датчики объема (выхода из помещения), весы и определители состава тела.

Различные комбинации этих датчиков позволяют оценить уровень подвижности пациента, его общее физическое состояние, а в некоторых случаях проводить и специальную диагностику. Удаленная коммуникация между врачом и пациентом обычно реализуется с помощью: текстовых сообщений, голосовой или видеосвязи, своевременного оформления рецептов на лекарственные препараты, напоминаний о выполнении рекомендаций, а также опросников. Системы удаленного мониторинга, как правило, строятся по трехзвенной архитектуре: сеть датчиков, локальное агрегирующее устройство (его роль, как правило, выполняет смартфон), центральный сервер.

Локальное агрегирующее устройство отвечает за сбор и предварительную фильтрацию информации с датчиков, которая затем отправляется на центральный сервер. Аналогичным образом строятся системы для стационаров. Так, в работе [7] рассмотрена информационная система, состоящая из смартфона, сети беспроводных датчиков (GPS, ЭКГ, акселерометра и глюкометра) и центрального сервера. Важной проблемой дистанционного мониторинга состояния здоровья является процесс передачи огромного количества разноплановых данных с целью их анализа и хранения. Подходы к решению этой проблемы включают анализ данных на локальном агрегирующем устройстве (смартфоне), сжатие и фильтрацию данных [10].

Для обмена информацией между разными системами применяют стандартизированные платформу-независимые протоколы, например на основе XML (например, система MyOSCAR). При разработке программной части применяется парадигма сервисно-ориентированного программирования [11]; в качестве стандарта используется Health Level 7(DICOM). С точки зрения применения интеллектуального анализа данных с целью диагностики или прогнозирования обострений состояния пациентов, системы можно разделить на три группы: организующие сбор и не имеющие модуля анализа данных; не организующие сбор и реализующие анализ данных для узкого спектра заболеваний; организующие сбор и реализующие анализ данных для узкого спектра заболеваний. К первой группе относится подавляющее большин-

ство указанных выше систем. Ко второй группе можно отнести систему ALaRMS, предназначенную для прогнозирования риска летального исхода при острых ситуациях в стационаре. Система, описанная в работе [12], предназначена для оценки влияния отклонений от предписаний медицинских технологических процессов на неблагоприятные исходы в каждой конкретной клинике. В ходе работы алгоритма генерируется множество возможных траекторий, по которым может пойти процесс лечения или развиваться нежелательные последствия. Третья группа – наименее малочисленная. В первую очередь стоит упомянуть систему WANDA, ориентированную на наблюдение за пациентами с сердечной недостаточностью: пациенты пользовались весами, тонометрами, датчиками физической активности, соединенными со смартфоном по протоколу Bluetooth. Предсказание изменения состояния больных (улучшение или ухудшение симптомов) осуществлялось с помощью методов машинного обучения для классификации и регрессии (наивный Байесовский классификатор, «пять ближайших соседей», логистическая регрессия, метод голосования по интервалам признаков, деревья решений C 4.5 и др.). В работе [13] рассмотрен аппаратно-программный комплекс мониторинга общего состояния человека, учитывающий разнообразные показатели от активности нервной системы до гемодинамики. Целый ряд исследований анализируют возможность интеграции систем удаленного мониторинга в систему «умного дома» [14, 15].

Исследование, проведенное Центром технологий по уходу за пожилыми людьми (LeadingAge: Center for Aging Services Technologies), указывает на следующие главные проблемы внедрения телемедицинских информационных систем: высокая стоимость, в том числе, ввиду необходимости закупки специального оборудования; административная проблема в виде необходимости обучения и мотивирования как персонала, так и пациентов; отсутствие единой архитектуры, стека протоколов и аппаратно-программной платформы для интеграции систем на всех этапах процесса. Все это влечет необходимость специальной интеграции нескольких систем для каждой конкретной задачи с учетом ее специфики.

### 3. Примеры Интернет-технологий здоровьесбережения

В России активно ведутся работы в области удаленного мониторинга здоровья. Одной из известных разработок является сервис «Медархив»

[16]. Сервис предназначен для информационной поддержки врачей и работает как площадка обмена медицинской информацией между врачом и пациентом. Сбор данных осуществляется путем заполнения персональных медицинских карт с помощью web-портала или мобильных приложений, а также с устройств телемониторинга – кардиографа и тонометра. Оценку здоровья пациента на основе полученной информации врач делает самостоятельно.

Компанией «ФОБОС» был разработан аппаратно-программный комплекс СИМОНЗ [17], предназначенный для удаленного мониторинга основных показателей здоровья с использованием беспроводных измерительных устройств, средств регистрации и передачи данных под управлением операционной системы Android 4.0+. Фиксируются следующие параметры: артериальное давление; уровень глюкозы крови; насыщенность кислородом гемоглобина крови; температура; ЭКГ; ЭЭГ; результаты пикфлоуметрии.

Система «Монитор здоровья» группы компаний АйТи [18] предназначена для мониторинга пациентов с обострением сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний (сахарный диабет 1 и 2 типа), болезнями почек позволяет вести послеоперационное наблюдение, беременность, вести скрининг по профессиям.

Компания ФОРС разработала платформу REMSMED для удаленного взаимодействия между врачами и пациентами [19]. Платформа включает единый портал с доступом врачей и пациентов, мобильное приложение для iOS и Android, многоканальную систему взаимодействия пользователей: текстовые сообщения, видео-конференцсвязь и документы (ЭКГ, УЗИ, рентгеновские снимки, результаты анализов и т.д.), настраиваемую систему напоминаний о необходимых действиях пациента, предупреждения о тревожных состояниях с доставкой уведомлений по электронной почте и SMS, настраиваемую экспертную систему предупреждений врачу, систему интеграции с медицинской информационной системой, используемой в лечебном учреждении. В дополнение к выше перечисленным системам можно упомянуть решения для хронических заболеваний, например, система «Нормасахар» и др.

Кроме применения мобильных устройств в медицине активно начинают применяться технологии Интернета вещей [20-25], которая позволяет для сбора информации о здоровье больного использовать различные датчики и программные технологии, встроенные в бытовые и повседневные приборы и вещи. Диапазон технологии может варьировать от

покупки нескольких бытовых вещей, до полноценного «умного дома». Обычно для работы с данными используют методы интеллектуального анализа данных и машинного обучения, однако, активно используются и методы искусственного интеллекта, например, для оценки и выбора режима питания [22]. «Умный» холодильник самостоятельно может следить за рационом питания и заказывать все необходимые продукты [23, 24].

Механизмы планирования финансовых средств системы охраны здоровья трансформируются и ориентируются на суммарные потребности реализации личных планов медико-социальных мероприятий. Эти планы обеспечивают персонализацию всего блока услуг социального страхования, делают возможным выгодное сочетание добровольного и обязательного медицинского страхования, расширяют спектр программ страхования, основанных на рисковом (актуарных) принципах [26].

Персональная электронная медицинская карта реализует подход, при котором пациент сам собирает всю свою медицинскую информацию, поступающую из различных медучреждений и иных источников, что можно видеть на примере проекта Медархив – первого российского Интернет-сервиса в этой области, доступного всем желающим [16].

#### 4. e-Health на практике

Применение мобильных устройств с медицинскими программами и Интернет-сайтов медицинской направленности охватывает все более широкие предметные области и слои населения. Значительное снижение депрессии и улучшение показателей функционирования и благополучия были отмечены при использовании программы PUSH-D, разработанной в области когнитивной терапии поведения, межличностной терапии, поддерживающей психотерапии и позитивной психологии [27]. Долгосрочный мониторинг сна проводит новая неинтрузивная система контроля качества сна на основе сенсорного мата [28]. Методы e-Health могут эффективно использоваться при решении важных задач формирования здорового образа жизни – помощи в избавлении от вредных привычек, например в отказе от курения [29].

Совместимость устройств и нормализация данных – сложная современная задача в информатике здоровья. Предлагается система с семантической сенсорной сетью (SSN) для решения проблемы совместимости устройств (IETF YANG) [30].

Новые фитнес-трекеры и смарт-часы оснащены различными датчиками, а также алгоритмами

обработки информации и сопутствующими мобильными приложениями. Благодаря последним достижениям в области мобильных сенсорных технологий, собранные в частном порядке данные о физической активности могут использоваться в качестве дополнения к существующим методам сбора данных о состоянии здоровья в научных исследованиях, а также в диагностике и лечении пациентов. В настоящее время известно более 400 устройства от более чем 130 различных брендов (47% брендов выпустили только одно устройство). Наиболее распространенные виды датчиков – акселерометр и фотоплетизмограф. Из доступных брендов 5 наиболее часто используются в исследовательских проектах Fitbit, Garmin, Misfit, Apple и Polar [31].

#### 5. Искусственный интеллект для медицины и здоровьесбережения

Здравоохранение является одной из главных областей инвестирования в искусственный интеллект (ИИ). Основной целью приложений ИИ, связанных со здоровьем человека, является анализ взаимосвязи между методами профилактики и лечения и результатами, уточнение диагностики и мониторинг состояния пациента, распознавание образов в рентгенологии, разработка медикаментов и пр. [32-35].

Ведущие компьютерные компании мира участвуют в создании систем ИИ в здравоохранении. Компания IBM разрабатывает системы ИИ в области онкологии а также проводит совместную работу с Джонсон & Джонсон в области исследования и лечения хронических заболеваний. Корпорация Microsoft занимается разработкой наиболее эффективных лекарств и методов лечения рака. Платформа DeepMind компании Google используется Национальной службой здравоохранения Великобритании, чтобы обнаружить риски для здоровья на основе данных, собранных через мобильные приложения. Корпорация Intel разрабатывает программы с ИИ, которые определяют пациентов, входящих в группу риска, и предлагают вариант лечения. Компания Medtronic совместно с IBM разрабатывают приложение для людей, страдающих сахарным диабетом. Отслеживать свое состояние здоровье люди смогут с помощью специального приложения и носимых медицинских устройств. Intel и компании Elite Care проектируют систему ИИ, которая могла бы заботиться о пациентах, страдающих болезнью Альцгеймера, повышая их качество жизни.

С помощью ИИ уже в ближайшем будущем можно будет прийти к сверхточной (прецизион-

ной, персонализированной) медицине, дающей возможность назначать индивидуальное лечение каждому отдельному человеку, учитывая его уникальные генетические и эпигенетические особенности. Технологические гиганты - Google, Amazon, Microsoft и Apple инвестируют огромные суммы в развитие ИИ для создания персонализированных систем поиска релевантной пациенту информации или реализации функции виртуального персонального ассистента. Компания IBM для обучения ее знаменитого ИИ Watson приобрела 30 млрд медицинских снимков, а также 50 млн анонимных электронных медицинских карт. Human Diagnosis project (Human Dx) – амбициозная инициатива молодых врачей из Сан-Франциско. Предполагается, что здесь будут собраны описания симптомов, результаты медосмотров, личные и семейные медицинские истории, показания диагностических приборов и носимых устройств, результаты лабораторных исследований, медицинские визуализации, генетические и эпигенетические данные, научные публикации в области биомедицинских наук, медицинская статистика и т. п. На основе всего этого будет разработана фундаментальная структура данных, к которой сможет обращаться любой врач, пациент, исследователь и организация, устройства или приложения.

## 6. Информатика в исследованиях старения и факторов долголетия

Множественные изменения функций организма в процессе старения (известно более 2000 биомаркеров старения) делают информатику и ИИ незаменимыми в данной области. Компании Gero представила нейросеть, способную предсказать вероятность смерти для индивидуального человека [36]. Для этого ИИ использует долговременные наблюдения фитнес-трекеров, характеризующие физическое состояние человека. Технология учитывает также то, что старение сопровождается увеличением риска болезни и вероятности смерти в целом и от определенных заболеваний в частности (в т.ч. так называемые «возрастные заболевания»). Известно, что состав микробиоты кишечника изменяется с возрастом. Анализ, основанный на группах бактериального соизмерения (CAGs), определенных корреляциями Кендалла между родами, показал, что некоторые переходные типы микробиоты были обогащены у пожилых людей [37].

ИИ был использован для исследования связи ДНК-метилирования с возрастом с помощью общегеномных платформ метилирования Illumina (27K/450K) [38]. Множественный регрессионный

анализ обеспечил высокую точность оценки возраста ( $r^2 = 0,92$ , средняя абсолютная ошибка = 4,6 года). Применение машинного обучения нейронной сети позволило значительно улучшить оценку ( $r^2 = 0,96$  и средняя ошибка = 3,3 года). Лучшими предикторами явились гены NHLRC1, SCGN и CSNK1D. Данный подход применим и для проб слюны ( $r^2=0,96$  со средней ошибкой = 3,2 года).

Был разработан модульный ансамбль из 21 глубокой нейронной сети (DNN) различной глубины и структуры для оценки возраста человека по анализу крови [39]. Для обучения DNNs использовали более 60 000 результатов анализа биохимии крови и тестов на количество клеток крови из обычных медицинских проб, полученных от обследуемых различного возраста и пола. Эффективные DNN в ансамбле обеспечили достаточно высокую точность оценки возраста ( $r^2 = 0,80$ ). Выделено также 5 важнейших маркеров для оценки возраста человека: альбумин, глюкоза, щелочная фосфатаза, мочевины и количество эритроцитов крови. Для тестирования и совершенствования алгоритма авторами была разработана онлайн-система (<http://www.aging.ai>).

## 7. Интеллектуальная система здоровьесбережения (ИнСиЗ) – новый шаг в интернет-технологиях здоровья

Междисциплинарным коллективом авторов предпринята попытка создания интеллектуальной Интернет-технологии, базирующейся на современных когнитивных методах и знаниях о здоровье, учитывающей по возможности все значимые факторы, детерминирующие здоровье, формирующей у пользователя активную позицию по отношению к собственному здоровью и дающей ему возможности самодиагностики, оптимизации и персонализации личных программ здоровьесбережения [40].

Главной идеей ИнСиЗ является создание здоровьесберегающей информационной среды путем донесения персонально до каждого человека с помощью Интернет-технологии качественной информации о современных методах здоровьесбережения, дополнительной мотивации человека к здоровому образу жизни, а также персональной информационной поддержки в решении задачи оптимизации спектра и методов применения этих технологий с учетом личных особенностей и предпочтений человека.

Ключевым принципом является персонификация, т. е. индивидуальный подход к каждому пользователю, с учетом его пола, возраста, привычек и формы деятельности, а также генетических, психофизиологических и медицинских характери-

стик. Другие важные принципы ИнСиЗ включают: полноту, системность, эволюционное развитие системы, био-психо-социальную концепцию здоровья, принцип стандартизации и оздоровительной мотивации [40-42]. Система ИнСиЗ представляет собой инновационный инструмент для формирования новых видов сервисов и услуг в индустрии здоровья. Основным преимуществом ИнСиЗ является системный подход и учет всех существенных факторов, определяющих здоровье конкретного человека.

### Заключение

В работе представлен обзор современных методов информатики здоровьесбережения. Эффективное управление здоровьем выходит за рамки обычной клинической медицины и является междисциплинарной и межведомственной задачей, решаемой с помощью формирования здорового образа жизни. Для реализации такого подхода адекватным методом является «метод управления целями», базирующийся на создании эффективной здоровьесберегающей информационной среды, в которую должен быть погружен каждый конкретный человек, поскольку объектом управления здесь является именно конкретный человек с его личными особенностями и индивидуальными характеристиками окружающей его социальной и природной среды. Управление ЗОЖ должно осуществляться мягкими методами индивидуальных информационных воздействий, предлагающих современные научно обоснованные здоровьесберегающие технологии ЗОЖ с учетом индивидуальных предпочтений. Эффективным средством таких воздействий как раз и является среда Интернет.

### Литература

1. Крутько В.Н. Демографические проблемы России: сетевой проект решения // Россия и современный мир. 2014. №2(83). С. 81-92.
2. Большаков А.М., Крутько В.Н., Донцов В.И. Возможности компьютерных систем для оценки донологических изменений здоровья // Гигиена и санитария. 2017. Т.96. № 1. С. 116-119.
3. Крутько В.Н. и др. Интернет-технология для персонализированной поддержки здоровьесбережения // Вестник восстановительной медицины. 2017. Т.77. №1. С. 90-95.
4. Jiang, L., C.C. Yang. 2017. User recommendation in healthcare social media by assessing user similarity in heterogeneous network. *Artif. Intell. Med.* 81:63-77.
5. Tung, C., W. Lu. Analyzing depression tendency of web posts using an event-driven depression tendency warning model. 2016. *Artif. Intell. Med.* 66:53-62.
6. Vavrinskaya E., Teleka P., Donovalb M., Sladeka L., Daricekb M., Horineka F., Donovala. Sensor system for wireless bio-signal monitoring. 2012. *Procedia Chemistry.* 6:155-164.
7. Намазова-Баранова Л.С. и др. Управление рисками пациента на основе технологий удаленного мониторинга здоровья: состояние области и перспективы // *Procedia Engineering.* 2012. 47. С. 1323-1326.
8. Бокерия О.Л., Испирян А.Ю. Мониторинг хронической сердечной недостаточности на дому // *Анналы аритмологии.* 2012. №2. С. 14-22.
9. Doherty S.T., Oh O. A multi-sensor monitoring system of human physiology and daily activities. 2012. *Telemedicine and e-Health.* 18(3):185-192.
10. Lee Y.G., Jeong W.S., Yoon G. 2012. Smartphone-based mobile health monitoring. *Telemedicine and e-Health.* 18(8):585-590.
11. Hsieh S.H., Hsieh S.L., Cheng P.H., Lai F. 2012. E-Health and healthcare enterprise information system leveraging service oriented architecture. *Telemedicine and e-Health.* 18(3):205-212.
12. Dunn A.G., M.S. Ong, J.I. Westbrook, F. Magrabi, E. Coiera and W.A. Wobcke. 2011. A simulation framework for mapping risks in clinical processes: the case of in-patient transfers. *J. of the Am. Med. Inform. Association.* 18(3):259-266.
13. Григорьев П.Е., Кулесса, Г.В., Хорсева Н.И., Овсянникова Н.М. Информационно-программное обеспечение для комплексного мониторинга и экспресс-тестирования психофизиологического состояния человека // *Кибернетика и вычислительная техника.* 2012. Т.167. С. 75-86.
14. Schlachta-Fairchild L., S. Varghese, A. Deickman. 2010. Telehealth and telenursing are live: APN policy and practice implications. *J. Nurse Practitioner.* 6: 98-106.
15. Mallow J., L. Theeke, E. Barnes, T. Whetsel, B. Mallow. 2014. Using mHealth tools to improve rural diabetes care guided by the chronic care model. *Online J. Rural Nurs Health Care.* 14:43-65.
16. Медархив. Available at: <http://medarhiv.ru/> (accessed November 11, 2015).
17. Система удаленного мониторинга. Available at: <http://www.fobosmed.ru> (accessed November 11, 2015).
18. Система удаленного мониторинга «Монитор здоровья». Available at: <http://zdrav24.ru> (accessed November 11, 2015).

19. Система удаленного мониторинга REMSMED. Available at: <http://www.fors.ru> (accessed November 11, 2015).
20. Boulos M.N.C, A. Yassine, S. Shirmohammadi, C.S. Namahoot, M. Brückner. 2015. Towards an "Internet of Food": Food Ontologies for the Internet of Things. *Future Internet*. 7(4):372-392.
21. Bandyopadhyay D., J. Sen. 2011. Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless Personal Communications*. 58(1):49-69.
22. Elanthiraiyan P., S. Babu. Smart Medicine and Physical Health System Using IoT. 2015. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*. 4:333-338.
23. Kim H., I. Kim, J. Kim. 2015. Designing the Smart Foot Mat and Its Applications: as a User Identification Sensor for Smart Home Scenarios. *Advanced Science and Technology Letters*. 87:1-5.
24. Jara A.J., M.A. Zamora, A.F. Skarmeta. 2011. An internet of things-based personal device for diabetes therapy management in ambient assisted living (AAL). *Personal and Ubiquitous Computing*. 15(4):431-440.
25. Kuscu M., O.B. Akan. 2018. Modeling convection-diffusion-reaction systems for microfluidic molecular communications with surface-based receivers in Internet of Bio-Nano Things. *PLoS One*. 13(2):e0192202.
26. Кузнецов П.П. Биоинформатика и индустрия здоровья – пути трансформации в экономику знаний // *Врач и информ. технологии*. 2016. №4. С. 37-47.
27. Зингерман Б.В. Персональная электронная медицинская карта - сервис, доступный уже сегодня // *Врач и информ. технологии*. 2010. №3. С. 15-25.
28. Кобринский Б.А. Единое информационное пространство: e-health и m-health // *Врач и информ. технологии*. 2016. №4. С. 57-66.
29. Mehrotra S., P. Sudhir, G. Rao, J. Thirthalli, T.K. Srikanth. 2018. Development and pilot testing of an internet-based self-help intervention for depression for indian users. *Behav Sci (Basel)*. 8(4):E36.
30. Sadek I., M. Mohktari M. 2018. Nonintrusive remote monitoring of sleep in home-based situation. *J. Med. Syst*. 42(4):64.
31. Tran B.X., X.T.T.Le, P.N. Nguyen, Q.N.H. Le, H.T. Mai, H.L.T. Nguyen, H.T. Le, T.T. Tran, C.A. Latkin, M.W.B. Zhang, R.C.M. Ho. 2018. Feasibility of e-health interventions on smoking cessation among vietnamese active internet users. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 15(1):E165.
32. Jin W., D.H. Kim. 2018. Design and Implementation of e-Health system based on semantic sensor network using IETF YANG. *Sensors (Basel)*. 18(2):E629.
33. Henriksen A., M.M. Haugen, A.Z. Woldaregay, M. Muzny, G. Hartvigsen, L.A. Hopstock, S. Grimsgaard. 2018. Using fitness trackers and smartwatches to measure physical activity in research: analysis of consumer wrist-worn wearables. *J. Med. Internet. Res*. 20(3):110.
34. Волчек Ю.А., Шишко О.Н., Спиридонова О.С., Мохорт Т.В. Положение модели искусственной нейронной сети в медицинских экспертных системах // *JUVENIS SCIENTIA*. 2017. №9. С. 4-9.
35. Покидова А.В. Искусственный интеллект в медицине // *Достижения науки и образования*. 2018. №1(23). С. 9-11.
36. Голухова Е.З. От клинических исследований к инновационным технологиям // *Креативная кардиология*. 2017. Т.11. № 3. С.192-201.
37. Карпов О.Э., Клименко Г.С., Лебедев Г.С. Применение интеллектуальных систем в здравоохранении // *Современные наукоемкие технологии*. 2016. №7-1. С. 38-43.
38. Pyrkov T.V., K. Slipensky, M. Barg, A. Kondrashin, B. Zhurov., A. Zenin, M. Pyatnitskiy, L. Menshikov, S. Markov, P.O. Fedichev. 2018. Extracting biological age from biomedical data via deep learning: too much of a good thing?. *Sci Rep*. 8(1):5210.
39. Odamaki T., K. Kato, H. Sugahara, N. Hashikura, S. Takahashi, J.Z. Xiao, F. Abe, R. Osawa. 2016. Age-related changes in gut microbiota composition from newborn to centenarian: a cross-sectional study. *BMC Microbiol*. 16:90.
40. Vidaki A., D. Ballard, A. Aliferi, T.H. Miller, L.P. Barron, C.D. Syndercombe. 2017. DNA methylation-based forensic age prediction using artificial neural networks and next generation sequencing. *Forensic. Sci. Int. Genet*. 28:225-236.
41. Putin E., P. Mamoshina, A. Aliper, M. Korzinkin, A. Moskalev, A. Kolosov, A. Ostrovskiy, C. Cantor, J. Vijg, A. Zhavoronkov. 2016. Deep biomarkers of human aging: application of deep neural networks to biomarker development. *Aging (Albany NY)*. 8(5):1021-1033.
42. Крутько В.Н. и др. Интеллектуальная система здоровьесбережения – ИнСиЗ // *Вестник восстановительной медицины*. 2018. №1. С. 14-20.
43. Донцов В.И., Мамиконова О.А., Потемкина Н.С., Смирнова Т.М. Концепция и архитектура интегрального паспорта здоровья // *Вестник восстановительной медицины*. 2016. №1. С. 14-20.
44. Донцов В.И., Крутько В.Н. Здоровьесбережение как современное направление профилактической медицины (Обзор) // *Вестник восстановительной медицины*. 2016. №1. С. 2-9.

**Крутько Вячеслав Николаевич.** Институт системного анализа Федерального государственного учреждения Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук. Москва. Заведующий отделом, доктор технических наук, кандидат биологических наук, профессор. Количество печатных работ: 220 (в т.ч. 15 монографий). Область научных интересов: медицинская информатика и компьютерные системы для оценки и прогноза здоровья и старения.

E-mail: krutkovn@mail.ru

**Донцов Виталий Иванович.** Институт системного анализа Федерального государственного учреждения Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук. Москва. Ведущий научный сотрудник, доктор медицинских наук. Количество печатных работ: 180 (в т.ч. 10 монографий). Область научных интересов: моделирование живых систем, системные механизмы старения, информатика здоровья, информационные технологии, компьютерные системы диагностики старения. E-mail: dontsovvi@mail.ru

**Потемкина Наталья Серафимовна.** Институт системного анализа Федерального государственного учреждения Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук. Москва. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук. Количество печатных работ: 40. Область научных интересов: информатика здоровья, здоровое питание.

E-mail: nspotyomkina@mail.ru

**Смирнова Татьяна Михайловна.** Институт системного анализа Федерального государственного учреждения Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук. Москва. Главный специалист. Количество печатных работ: 80. Область научных интересов: статистика и демография, народонаселение, здоровье населения, информатика здоровья.

E-mail: smirnova.tatyana@gmail.com

**Федин Клим Андреевич.** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова. Студент. Количество печатных работ: 1. Область научных интересов: медицинская информатика, травматология и ортопедия. E-mail: fedin.fets@mail.ru

**Федина Алина Вячеславовна.** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова. Студентка. Количество печатных работ: 2. Область научных интересов: гинекология, медицинская информатика. E-mail: alinka\_krutko@mail.ru.

**Большаков Алексей Михайлович.** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет им.И.М. Сеченова. Профессор, доктор медицинских наук. Количество печатных работ: 87 (в т.ч. 7 монографий). Область научных интересов: гигиена, медицинская информатика. E-mail: bolshakov21v@yandex.ru

**Ходыкина Татьяна Михайловна.** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова. Доцент, кандидат медицинских наук. Количество печатных работ: 29. Область научных интересов: гигиена, медицинская информатика. E-mail: tm.hod@yandex.ru



## Information and cognitive technologies of health saving (review)

V.N. Krut'ko<sup>I,II</sup>, V.I. Dontsov<sup>I</sup>, N.S. Potemkina<sup>I</sup>, T.M. Smirnova<sup>I</sup>, K.A. Fedin<sup>III</sup>, A.V. Fedina<sup>II</sup>, A.M. Bolshakov<sup>II</sup>, T.M. Hodykina<sup>II</sup>

<sup>I</sup> Institute for Systems Analysis, Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

<sup>II</sup> Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia.

<sup>III</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia.

**Abstract.** Effective health management is a complex interdisciplinary task. The main factor of health saving is a healthy lifestyle. For healthy lifestyle management, an adequate method is the "goals management method" based on the creation of an effective health saving information environment in which each individual with his or her personal characteristics and individual characteristics of the surrounding social and natural environment should be immersed. Management of healthy lifestyle should be carried out by soft methods of individual information effects, offering modern science-based healthy lifestyle technologies taking into account individual habits and preferences of the person. An effective means of influence is the Internet environment. The review of modern information and cognitive technologies of health saving is carried out.

**Keywords:** *informatics, health, health care, healthy lifestyle, internet technology, preventive medicine, personalized medicine.*

**DOI:** 10.14357/20790279190105

### References

1. Krut'ko, V.N. 2014. Demograficheskie problemy Rossii: setevoy proekt reshenija [Demographic problems: network the draft decision]. *Rossija i sovremennyy mir* [Russia and the modern world] 2(83):81-92.
2. Bol'shakov, A.M., V.N. Krut'ko and V.I. Dontsov. 2017. Vozmozhnosti komp'yuternyh sistem dlja ocenki donozologicheskikh izmenenij zdorov'ja [Possibilities of computer systems for estimation of prenosological changes of health]. *Gigiena i sanitarija* [Hygiene and sanitation] 96(11):116-119.
3. Krut'ko, V.N., V.I. Dontsov, A.I. Molodchenkov, N.S. Potemkina and I.V. Smirnov. 2017. Internet-tehnologija dlja personalizirovannoj podderzhki zdorov'esberezenija [Internet technology for personalized health care support]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny* [Bulletin of restorative medicine] 77(1):90-95.
4. Jiang, L. and C.C. Yang. 2017. User recommendation in healthcare social media by assessing user similarity in heterogeneous network. *Artif. Intell. Med.* 81:63-77.
5. Tung, C. and W. Lu. Analyzing depression tendency of web posts using an event-driven depression tendency warning model. 2016. *Artif. Intell. Med.* 66:53-62.
6. Vavrinskaya, E., P. Teleka, M. Donovalb, L. Sladeka, M. Daricekb, F. Horineka and D. Donovala. Sensor system for wireless bio-signal monitoring. 2012. *Procedia Chemistry.* 6:155-164.
7. Namazova-Baranova, L.A., R.E. Suvorov, I.V. Smirnov, A.I. Molodchenkov, E.V. Antonova, E.A. Vishneva and V.I. Smirnov. 2012. Upravlenie riskami pacienta na osnove tehnologij udalennogo monitoringa zdorov'ja: sostojanie oblasti i perspektivy [Patient risk management based on remote health monitoring technologies: state of the region and prospects]. *Procedia Engineering.* 47:1323-1326.
8. Bokerija, O.L. and A.Ju. Ispirjan. 2012. Monitoring hronicheskoy serdechnoj nedostatochnosti na domu [Monitoring of chronic heart failure at home]. *Annaly aritmologii* [Annals of Arrhythmology] 2:14-22.
9. Doherty, S.T. and P. Oh. 2012. A multi-sensor monitoring system of human physiology and daily activities. *Telemedicine and e-Health* 18(3):185-192.
10. Lee, Y.G., W.S. Jeong and G. Yoon. 2012. Smartphone-based mobile health monitoring. *Telemedicine and e-Health* 18(8):585-590.
11. Hsieh, S.H., S.L. Hsieh, P.H. Cheng and F. Lai. 2012. E-Health and healthcare enterprise information system leveraging service oriented architecture. *Telemedicine and e-Health.* 18(3):205-212.
12. Dunn, A.G., M.S. Ong, J.I. Westbrook, F. Magrabi, E. Coiera and W.A. Wobcke. 2011. A simulation framework for mapping risks in clinical processes: the case of in-patient transfers. *J. Am. Med. Inform. Association.* 18(3):259-266.
13. Grigor'ev, P.E., Kilessa, G.V., Horseva, N.I. and N.M. Ovsjannikova. 2012. Informacionno-programmnoe obespechenie dlja kompleksnogo monitorirovaniya i jekspress-testirovaniya

- psihofiziologičeskogo sostojanija čeloveka [Information and software for complex monitoring and rapid testing of the psychophysiological state of a pers]. *Kibernetika i vychislitel'naja tehnika* [Cybernetics and computing] 167:75–86.
14. *Schlachta–Fairchild, L., S. Varghese and A. Deickman*. 2010. Telehealth and telenursing are live: APN policy and practice implications. *J. Nurse Practitioner*. 6: 98–106.
  15. *Mallow, J., L. Theeke, E. Barnes, T. Whetsel and B. Mallow*. 2014. Using mHealth tools to improve rural diabetes care guided by the chronic care model. *Online J. Rural Nurs Health Care*. 14:43–65.
  16. *Medarhiv* [Megargel]. Available at: <http://medarhiv.ru/> (accessed November 11, 2015).
  17. *Sistema udalennogo monitoringa* [Remote monitoring system]. Available at: <http://www.fobosmed.ru> (accessed November 11, 2015).
  18. *Sistema udalennogo monitoringa Monitoring zdorov'ja* [Remote monitoring system Health monitoring]. Available at: <http://zdrav24.ru> (accessed November 11, 2015).
  19. *Sistema udalennogo monitoringa REMSMED* [Remote monitoring system REMSMED]. Available at: <http://www.fors.ru> (accessed November 11, 2015).
  20. *Boulos, M.N.C, A. Yassine, S. Shirmohammadi, C.S. Namahoot and, M. Brückner*. 2015. Towards an “Internet of Food”: Food Ontologies for the Internet of Things. *Future Internet*. 7(4):372-392.
  21. *Bandyopadhyay, D. and J. Sen*. 2011. Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless Personal Communications*. 58(1):49-69.
  22. *Elanthiraiyan, P. and S. Babu*. Smart Medicine and Physical Health System Using IoT. 2015. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*. 4:333-338.
  23. *Kim, H., I. Kim and J. Kim*. 2015. Designing the Smart Foot Mat and Its Applications: as a User Identification Sensor for Smart Home Scenarios. *Advanced Science and Technology Letters*. 87:1-5.
  24. *Jara, A.J., M.A. Zamora and A.F. Skarmeta*. 2011. An internet of things-based personal device for diabetes therapy management in ambient assisted living (AAL). *Personal and Ubiquitous Computing*. 15(4):431-440.
  25. *Kuscu, M. and O.B. Akan*. 2018. Modeling convection-diffusion-reaction systems for microfluidic molecular communications with surface-based receivers in Internet of Bio-Nano Things. *PLoS One*. 13(2):e0192202.
  26. *Kuznecov, P.P*. 2016. Bioinformatika i industrija zdorov'ja - puti transformacii v jekonomiku znanij [Bioinformatics and the health industry are ways to transform the knowledge economy]. *Vrach i informacionnye tehnologii* [Doctor and information technology] 4:37-47.
  25. *Zingerman, B.V*. 2010. Personal'naja jelektronnaja medicinskaja karta - servis, dostupnyj uzhe segodnja [Personal electronic medical record-a service available today]. *Vrach i informacionnye tehnologii* [Doctor and information technology] 3:15-25.
  26. *Kobrinskij, B.A*. 2016. Edinoe informacionnoe prostranstvo: e-health i m-health [Unified information space: e-health and m-health]. *Vrach i informacionnye tehnologii* [Doctor and information technology] 4:57-66.
  27. *Mehrotra, S., P. Sudhir, G. Rao, J. Thirthalli and T.K. Srikanth*. 2018. Development and pilot testing of an internet-based self-help intervention for depression for indian users. *Behav Sci (Basel)*. 8(4):E36.
  28. *Sadek, I. and M. Mohktari M*. 2018. Nonintrusive remote monitoring of sleep in home-based situation. *J. Med. Syst*. 42(4):64.
  29. *Tran, B.X., X.T.T. Le, P.N. Nguyen, Q.N.H. Le, H.T. Mai, H.L.T. Nguyen, H.T. Le, T.T. Tran, C.A. Latkin, M.W.B. Zhang and R.C.M. Ho*. 2018. Feasibility of e-health interventions on smoking cessation among vietnamese active internet users. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 15(1):E165.
  30. *Jin, W. and D.H. Kim*. 2018. Design and Implementation of e-Health system based on semantic sensor network using IETF YANG. *Sensors (Basel)*. 18(2):E629.
  31. *Henriksen, A., M.M. Haugen, A.Z. Woldaregay, M. Muzny, G. Hartvigsen, L.A. Hopstock and S. Grimsgaard*. 2018. Using fitness trackers and smartwatches to measure physical activity in research: analysis of consumer wrist-worn wearables. *J. Med. Internet. Res*. 20(3):110.
  32. *Volček, Ju.A., Shishko, O.N., Spiridonova, O.S. and T.V. Mohort*. 2017. Polozhenie modeli iskusstvennoj nejronnoj seti v medicinskih jekspertnyh sistemah [Position of artificial neural network model in medical expert systems]. *Juvenis Scientia* [Juvenis Scientia] 9:4-9.
  33. *Pokidova, A.V*. 2018. Iskusstvennyj intellekt v medicine [Artificial intelligence in medicine]. *Dostizhenija nauki i obrazovanija* [Achievements of science and education] 1(23):9-11.
  34. *Goluhova, E.Z*. 2017. Ot kliničeskikh issledovanij k innovacionnym tehnologijam [From clinical

- trials to innovative technologies]. *Kreativnaja kardiologija* [Creative cardiology] 11(3):192-201.
35. *Karpov, O.Je., Klimenko, G.S. and G.S. Lebedev.* 2016. *Primenenie intellektual'nyh sistem v zdavoohranenii* [Application of intelligent systems in healthcare]. *Sovremennye naukoemkie tehnologii* [Modern high technology] 7-1:38-43.
  36. *Pyrkov, T.V., K. Slipensky, M. Barg, A. Kondrashin, B. Zhurov., A. Zenin, M. Pyatnitskiy, L. Menshikov, S. Markov and P.O. Fedichev.* 2018. Extracting biological age from biomedical data via deep learning: too much of a good thing?. *Sci Rep.* 8(1):5210.
  37. *Odamaki, T., K. Kato, H. Sugahara, N. Hashikura, S. Takahashi, J.Z. Xiao, F. Abe and R. Osawa.* 2016. Age-related changes in gut microbiota composition from newborn to centenarian: a cross-sectional study. *BMC Microbiol.* 16:90.
  38. *Vidaki, A., D. Ballard, A. Aliferi, T.H. Miller, L.P. Barron and C.D. Syndercombe.* 2017. DNA methylation-based forensic age prediction using artificial neural networks and next generation sequencing. *Forensic. Sci. Int. Genet.* 28:225-236.
  39. *Putin, E., P. Mamoshina, A. Aliper, M. Korzinkin, A. Moskalev, A. Kolosov, A. Ostrovskiy, C. Cantor, J. Vijg and A. Zhavoronkov.* 2016. Deep biomarkers of human aging: application of deep neural networks to biomarker development. *Aging* (Albany NY). 8(5):1021-1033.
  40. *Krut'ko, V.N., Bol'shakov, A.M., Briko, A.N., Dontsov, V.I., Zubrihina, M.O., Krut'ko, V.N., Mamikonova, O.A., Molodchenkov, A.I., Pal'chevskij, A.I., Potemkina, N.S., Smirnov, I.V., Smirnova, T.M., Fedin, K.A. and T.M. Hodykina.* 2018. *Intellektual'naja sistema zdorov'esberezhenija – InSiZ* [Intelligent system of health care – InSiZ]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny* [Bulletin of restorative medicine] 1:14-20.
  41. *Dontsov, V.I., Mamikonova, O.A., Potemkina, N.S., and T.M. Smirnova.* 2016. *Koncepcija i arhitektura integral'nogo pasporta zdorov'ja* [Concept and architecture of the integrated health passport]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny* [Bulletin of restorative medicine ] 1:14-20.
  42. *Dontsv, V.I. and V.N. Krut'ko.* 2016. *Zdorov'esberezhenie kak sovremennoe napravlenie profilakticheskoy mediciny (Obzor)* [Health saving as a modern direction of preventive medicine (Review)]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny* [Bulletin of restorative medicine ] 1:2-9.

**Krut'ko V.N.** Professor, Institute for Systems Analysis of Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, 119333, 44/2 Vavilova str., Moscow, Russia. e-mail: [krutkovn@mail.ru](mailto:krutkovn@mail.ru)

**Dontsov V.I.** MD. Institute for Systems Analysis of Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, 119333, 44/2 Vavilova str., Moscow, Russia. E-mail: [dontsovvi@mail.ru](mailto:dontsovvi@mail.ru)

**Potemkina N.S.** Ph.D. Institute for Systems Analysis of Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, 119333, 44/2 Vavilova str., Moscow, Russia. E-mail: [nspotyomkina@mail.ru](mailto:nspotyomkina@mail.ru)

**Smirnova T.M.** Institute for Systems Analysis of Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, 119333, 44/2 Vavilova str., Moscow, Russia. E-mail: [smirnova.tatyana@gmail.com](mailto:smirnova.tatyana@gmail.com)

**Fedin A.K.** Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovitjanova str., Moscow, Russia. E-mail: [fedin.fets@mail.ru](mailto:fedin.fets@mail.ru)

**Fedina A.V.** Sechenov First Moscow State Medical University, 119991, 8/2 Trubeckaja str., Moscow, Russia. E-mail: [alinka\\_krutko@mail.ru](mailto:alinka_krutko@mail.ru)

**Bolshakov A.M.** Sechenov First Moscow State Medical University, 119991, 8/2 Trubeckaja str., Moscow, Russia. E-mail: [bolshakov21v@yandex.ru](mailto:bolshakov21v@yandex.ru)

**Hodykina T.M.** Sechenov First Moscow State Medical University, 119991, 8/2 Trubeckaja str., Moscow, Russia. E-mail: [tm.hod@yandex.ru](mailto:tm.hod@yandex.ru)