

УДК 57.045, 57.087.1, 614.2

АРХИТЕКТУРА И ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ МОБИЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ УХУДШЕНИЯ САМОЧУВСТВИЯ МЕТЕОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЛИЦ, ОБУСЛОВЛЕННОГО МАГНИТОСФЕРНЫМИ И АТМОСФЕРНЫМИ ФАКТОРАМИ

© 2015 г. И.Л. Кадин¹, Т.А. Зенченко^{2,3}, А.М. Сударев^{4,5}, О.И. Усс⁵,
Р.Р.Каспранский⁶, Е.Б. Иванова⁷

¹ ООО "KISOFT", г. Москва, Россия

² Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Московская обл., г. Пуцино, Россия

³ Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия

⁴ Институт радиотехники и электроники РАН, г. Москва, Россия

⁵ ООО "Констэл", г. Москва, Россия

⁶ Центр подготовки космонавтов им. Гагарина, Московская обл., Звездный городок, Россия

⁷ Московский государственный университет информационных технологий,
радиотехники и электроники, г. Москва, Россия

Приводятся базовые принципы построения и первые результаты реализации разработанной авторами новой телемедицинской системы "Ветерок", предназначенной для самомониторинга и прогнозирования изменений самочувствия в зависимости от изменения метеорологических и геомагнитных условий. Программа предназначена для повседневного использования как пациентами с нарушениями функций сердечно-сосудистой системы, так и практически здоровыми людьми. Прогноз производится на основе вводимых самим пользователем результатов самоизмерений показателей артериального давления и пульса (посредством бытового тонометра), а также субъективных оценок самочувствия. В основе алгоритма прогноза лежит многомерная корреляционная зависимость получаемых временных рядов от уровня стресса, метеорологических и геомагнитных факторов. Описана и обоснована архитектура компьютерной системы, рассчитанной на массовое применение. Дано краткое описание действующего макета системы. Приведены примеры результатов, полученных при испытании системы на 8 добровольцах в течение трех месяцев.

Ключевые слова: метеочувствительность, прогноз самочувствия, телемедицинские системы.

PACS 91.62.Xy (Biosphere/atmosphere interactions).

Введение

Одним из видов деятельности, активно развивающихся в последнее время, является направление электронного здравоохранения (e-health) и телемедицины, находящиеся на стыке медицины и современных компьютерных технологий (см. например, <http://www.medetel.eu/index.php?rub=proceedings&page=info>). Основными направлениями телемедицины являются:

- телемедицинские консультации в реальном времени и "отложенные";
- телеобучение, включающее трансляции операций и удаленный контроль более опытных врачей за действиями менее опытных;
- мобильные телемедицинские комплексы для работы в местах катастроф и удаленных районах;
- системы удаленного биомониторинга, включающие домашнюю телемедицину.

Последнее из перечисленных направлений изначально развивалось в интересах больных, проходящих курс лечения амбулаторно. И вся современная медицина, развившаяся за последние два–три века, целиком ориентирована на диагностику и лечение болезней. С другой стороны, начиная с 80-х годов прошлого века, все большее число специалистов проявляет интерес к донозологической диагностике [Баевский, 1979], анализу пограничных состояний между нормой и патологией и, следовательно, к возможности персонального прогноза развития заболеваний или резкого ухудшения функционального состояния у практически здоровых людей.

Давно известны такие метеорологические факторы риска, как атмосферное давление, температура и относительная влажность воздуха, сила ветра. Начиная с 1970-х годов к ним добавляется усредненный уровень геомагнитной возмущенности, оцениваемый по индексам ГМА [Ассман, 1966; Андропова и др., 1982; Никберг и др., 1986; Шеповальников, Сороко, 1992] и парциальное содержание кислорода в воздухе [Овчарова, 1975, 1981]. Постоянным остается и исследуемый объект: здоровье и функциональное состояние пациентов с различными патологиями, а начиная с 70-х годов прошлого века – и здоровых лиц в экстремальных условиях окружающей среды, например, Севера России [Авцын, 1972; Деряпа, Рябинин, 1977; Андропова и др., 1982; Агаджанян, Миррахимов, 1970; Агаджанян, Петрова, 1996; Бойко, 2005; Гудков и др., 2012] или в условиях полярных зимовок [Шеповальников, Сороко, 1992].

Т.И. Андропова с соавторами [1982] выделяет два типа реакций организма на действие погодных факторов: *метеопатологические* реакции, связанные с неспособностью организма поддерживать гомеостаз, и *физиологическую адаптацию*, связанную с выработкой нового устойчивого состояния. При этом метеотропность рассматривается как универсальное свойство всех биосистем, включающее в себя различные их состояния: от нормы – через напряжение (адаптацию) до патологии [Никберг и др., 1986].

Еще в 1992 г. убедительно показано [Шеповальников, Сороко, 1992], что традиционно используемый подход, ориентированный на исследование групповых реакций на изменение метеопараметров, нивелирует разнообразие индивидуальных реакций: “Реально существующий спектр метеотропных реакций индивидов оказывается гораздо шире “средних” реакций, выведенных на основании сложения показателей разных людей”. При оценке индивидуальной чувствительности физиологических показателей (ФП) к внешним факторам у полярников в период зимовки сообщалось о разнонаправленных реакциях показателей артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) разных людей на одни и те же сочетания метеорологических факторов [Шеповальников, Сороко, 1992]. Это наблюдение впоследствии неоднократно подтверждалось в других исследованиях [Шеповальников, Сороко, 1992; Агулова, 1998; Белишева, 1995; Delyukov et al., 2001; Черноус, 2004; Белишева, Конрадов, 2005, Мартынюк, 2005; Поскотинова, Григорьев, 2009, Зенченко и др., 2007, 2008, 2009, 2011а, 2015]: в случае обратимых (приспособительных) реакций в среднем от 30 до 90% лиц разного возраста и медицинского статуса реагируют на вариации факторов погоды изменением уровня АД.

Таким образом, с одной стороны, в биометеорологии многократно показана важность учета вклада вариаций метеофакторов при прогнозе самочувствия не только для больных или ослабленных лиц, но и для практически здоровых людей. С другой стороны, в силу обнаруженной вариабельности индивидуальных реакций, такой прогноз может быть только персональным, выполненным по результатам индивидуального мониторинга того самого индивидуума, для которого выполняется прогноз самочувствия.

Решение данной задачи возможно посредством мобильного приложения, встраиваемого в современные электронные устройства.

Принципы построения и архитектура системы “Ветерок”

Первый этап создания системы мониторинга “Ветерок” включал в себя разработку принципов сбора данных, архитектуры программного обеспечения для практической реализации этой системы и создание его действующего макета.

Сбор, хранение и обработка данных. Решение задачи сбора результатов измерений и их анализа возможно либо на вычислительном средстве пользователя, либо посредством создания единого центра сбора и обработки. Рассмотрим положительные и отрицательные стороны каждого варианта.

При хранении и обработке данных в приложении на локальном вычислительном средстве на пользователя возлагаются задачи обеспечения необходимого объема памяти для их размещения, контроля за безопасностью персональной информации и обновления версий приложения по мере их выхода. Для продвинутого пользователя это является положительным фактором, для массового – отрицательным. Приложение периодически должно самостоятельно или по команде пользователя связываться с серверами метеорологических служб для получения метеоданных. Это означает либо необходимость работы в фоновом режиме, либо дополнительные обязанности для пользователя, а также дополнительный трафик через канал связи и является отрицательным фактором. Приложение должно содержать модуль расчета прогноза, что приводит к увеличенному размеру самого приложения и продолжительному времени его работы по формированию заключения. Для недостаточно мощных смартфонов эти факторы являются отрицательными.

Использование единого сервера позволяет перераспределить функции между ним и пользовательским приложением. Хранение данных произвольного объема, связь с метеорологическими службами и тяжелую вычислительную работу естественно выполнять на сервере. Пользовательское приложение остается только для ввода пользователем своих ФП, обеспечения связи с сервером и отображения готового прогноза. К положительным сторонам такого решения относятся снижение требований к локальным вычислительным средствам пользователей практически только до наличия выхода в интернет, легкость сопровождения и модернизации программного обеспечения, небольшой объем передаваемой по каналу связи информации. Как положительными, так и отрицательными чертами обладает необходимость организации на сервере контроля за безопасностью персональной информации пользователей. Отрицательной стороной является трудоемкость разработки, положительной стороной – обеспечение всех пользователей одинаковой услугой независимо от их компьютерных знаний и навыков. Еще одним положительным фактором является то, что пользовательская часть программного обеспечения может иметь вид либо мобильного приложения для смартфонов и планшетных компьютеров, либо веб-сайта с доступом к нему через любой браузер.

По результатам рассмотрения обоих вариантов был сделан выбор в пользу клиент-серверной архитектуры системы (рис. 1).

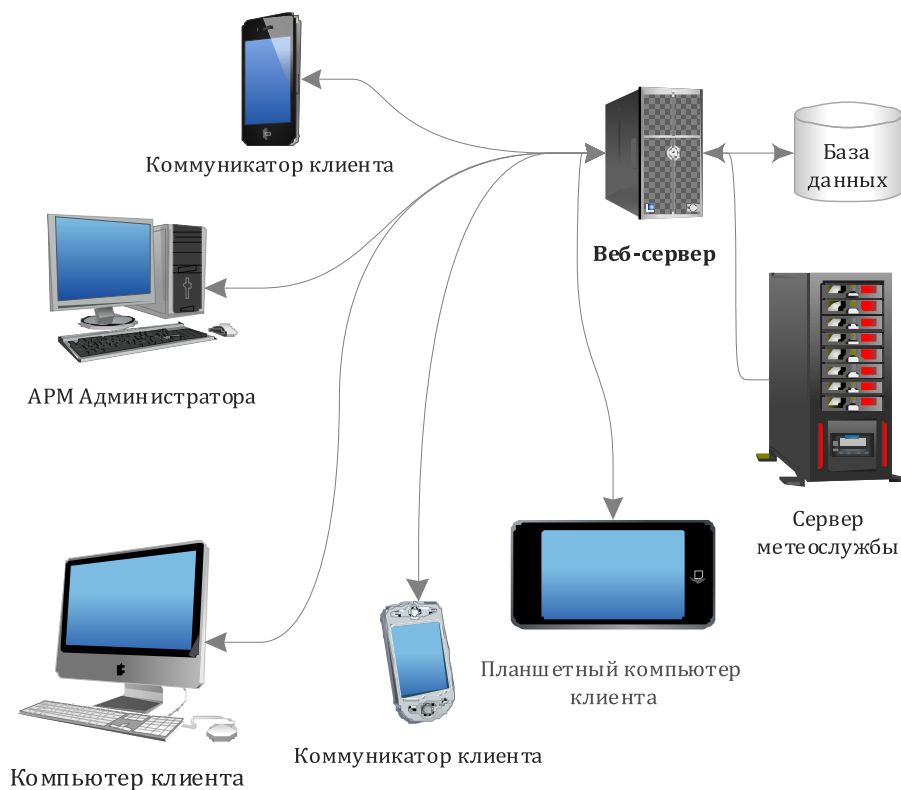


Рис. 1. Архитектура системы

Выбор измеряемых физиологических показателей

Первым этапом разработки методики мониторинга явилось определение круга исследуемых параметров и разделение этих параметров на группы: зависимые и независимые, вводимые пользователем и получаемые автоматически.

Обзор литературных данных показал, что чувствительность организма человека к действию вариаций факторов земной и космической погоды обнаружена для следующих систем организма:

- сердечно-сосудистой [Новикова, Рывкин, 1971; Чибисов, 1992; Бреус и др., 1998; Stoupe, 1988, 1999; Baevsky et al., 1997; Азулова, 1998, 1999; Cornelissen et al., 2002; Гурфинкель, 2004];

- нервной (центральной и вегетативной) [Владимирский, Волынский, 1971; Сидякин и др., 1983; Бреус и др., 1998; Delyukov et al., 2001; Побаченко и др., 2006; Черноус, 2004; Поскотинова, Григорьев, 2008];

- эндокринной [Halberg et al., 1965; Рапопорт и др., 1998; Темуриянц и др., 1992; Бреус, Рапопорт, 2003];

- системы крови [Темуриянц и др., 1983; Гурфинкель и др., 1995; Белишева, Конрадов, 2005].

Кроме того, показана чувствительность к геомагнитным факторам психофизиологических показателей, характеризующих внимание, память, скорость слухомоторной и зрительно-моторной реакций [Хорсева, 2013; Хорсева и др., 2013; Зенченко и др., 2008], что крайне важно для водителей автотранспорта, экипажей самолетов, машинистов метро, операторов атомных станций и др.

Гелиобиологические исследования показывают, что частота измерений физиологических показателей, чувствительных к вариациям факторов погоды должна быть не реже одного раза в сутки [Зенченко, 2012]. Это требование означает, что, за исключением операторов, проходящих обязательный предрейсовый медицинский контроль, для всех остальных здоровых людей, ведущих активный образ жизни, возможен только самомониторинг ФП, поскольку для данной категории населения практически невозможно ежедневное обращение в медицинские учреждения, в том числе и в Центры здоровья.

Условие самомониторинга накладывает на перечень измеряемых физиологических параметров ограничения неинвазивности, наличия широко доступных стандартизованных измерительных приборов и небольшого времени проведения измерений (не более 5–7 мин). К сожалению, этим требованиям не удовлетворяют многие важные для оценки функционального состояния человека ФП, требующие для своего измерения специального медицинского оборудования. К ним относятся показатели состояния микроциркуляторного русла [Зенченко и др., 2010, 2011b], баланса вегетативной нервной системы [Баевский и др., 1984, 2001], показатели сосудистого тонуса [Гурфинкель и др., 2009; Gurfinkel et al., 2012], психофизиологические показатели [Хорсева, 2013; Хорсева и др., 2013; Зенченко и др., 2008].

Таким образом в составе используемых ФП остались систолическое и диастолическое АД, ЧСС, субъективные оценки пользователем своего самочувствия, настроения и уровня стресса дома и на работе по 7-балльной ранговой шкале, сведения о головной боли с оценкой ее силы (при наличии) по 5-балльной ранговой шкале и локализации по номинативной шкале, а также наличие в истекших сутках редких, нетипичных для пользователя событий, таких как нарушение ночного сна, болезнь, прием алкоголя и т.п.

К используемым метеорологическим параметрам отнесены непосредственно получаемые среднесуточные значения температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, облачности (в баллах), направления и силы ветра, а также рассчитываемые на их основе значения процентного содержания кислорода в воздухе и факты прохождения атмосферных фронтов.

Из числа получаемых геомагнитных параметров по результатам предварительного анализа был оставлен только планетарный индекс геомагнитных возмущений K_p .

Деление всех параметров на зависимые и независимые проведено на основании причинно-следственных связей между ними. К зависимым ФП отнесены систолическое и диастолическое АД, ЧСС, субъективные оценки самочувствия и настроения пользователя, наличие и сила головной боли (подразумевается, что головная боль подвержена влиянию метеофакторов).

К независимым параметрам отнесены все метеорологические, включая рассчитываемые, индекс K_p , субъективные оценки пользователем уровня своего стресса дома и на работе, а также наличие в сутках нетипичных для него событий.

Регистрация физиологических показателей

Для регистрации и ввода ФП разработана подробная методика, суть которой заключается в следующем.

Пользователю рекомендуется измерять уровень своего АД и значения ЧСС один раз в день, в утреннее время. При этом желательно избегать физических и эмоциональных нагрузок до измерения, а непосредственно перед измерением 5–10 мин провести в положении сидя. Саму регистрацию необходимо выполнять с помощью бытового автоматического тонометра с манжетой на плечевом отделе. В ходе этой процедуры

должны быть выполнены три измерения с интервалом между ними 30–50 с. Значения, полученные во всех трех измерениях, пользователь с помощью своего приложения передает на сервер, где они заносятся в базу данных. При этом также автоматически запоминается дата и время регистрации (рис. 2).

Сист. (Верхнее)	Диаст. (Нижнее)	Частота пульса	Измерение 1
120	80	70	---

Сохранить

Повторить ввод

Назад

Далее

Рис. 2. Вид экрана программы “Ветерок” при занесении пользователем результатов измерений уровня АД и ЧСС

Субъективные данные (оценки своего самочувствия, настроения, стресса, уровня головной боли и наличия нетипичных событий) должны вводиться пользователем тоже в утреннее время и относиться ко всему накануне прошедшему дню. При этом пользователь самостоятельно вырабатывает оценку того или иного параметра за весь истекший день, учитывая всю совокупность событий, переживаний и т.п. На рис. 3 приведено изображение экрана приложения для оценки своего состояния.

Состояние

Самочувствие

1 2 3 4 5 6 7

плохое хорошее

Настроение

1 2 3 4 5 6 7

плохое хорошее

Назад

Далее

Уровень стресса

Дома

7 6 5 4 3 2 1

сильный слабый

На работе

7 6 5 4 3 2 1

сильный слабый

Назад

Далее

Рис. 3. Вид экрана программы “Ветерок” при занесении пользователем информации о самочувствии и уровне стресса

Регистрация метеорологических и геомагнитных параметров

Метеорологические и геомагнитные параметры, перечисленные выше, заносятся в базу данных автоматически, с помощью серверного программного обеспечения, обращающегося к доступным сайтам фактической погоды и метеопрогнозов. С них запрашиваются данные, относящиеся к тем населенным пунктам, в которых постоянно проживают зарегистрированные пользователи. Данные поступают с периодичностью один час, что позволяет рассчитывать и усредненные характеристики, и “точечные” события,

такие как прохождение атмосферных фронтов. По мере появления фактических данных они автоматически заменяют собой прогнозные значения.

Описание действующего макета системы

Разработанный макет программного обеспечения имеет клиент-серверную архитектуру, причем сервер проекта расположен в дата-центре (data-center), имеющем доступ в интернет, а также средства резервирования данных, их шифрования и поддержания работоспособности аппаратуры. Данное решение позволяет устранить недостатки выбранной архитектуры и в полной мере воспользоваться ее преимуществами, такими как:

- отсутствие особых требований к производительности клиентских устройств;
- отсутствие дублирования ряда программных модулей на клиентской стороне;
- отсутствие необходимости обращения каждого клиента к метеорологическим серверам;
- надежное обеспечение сохранности данных;
- легкость сопровождения и модернизации алгоритма прогнозирования.

Для обеспечения безопасности персональных данных пользователей было принято решение хранить их в обезличенном виде с применением облачной технологии в облаке, размещенном на этом же сервере. Защита данных пользователей обеспечивается использованием современных сертифицированных алгоритмов шифрования с длиной ключа 128 бит. Каждый новый пользователь системы должен пройти процедуру регистрации, не включающую в себя передачу каких-либо личных данных. В дальнейшем для входа в систему зарегистрированный пользователь обязан пройти парольную аутентификацию, после чего он получает доступ только к своим данным.

Серверное программное обеспечение выполняет следующие функции:

- получение от метеорологического сервера метеопрогноза и сведений о фактической погоде в регионах, в которых располагаются зарегистрированные пользователи, а также трехчасового планетарного индекса геомагнитной напряженности K_p каждый час. Сохранение полученной информации в базе данных с автоматической заменой ранее полученного метеопрогноза появившимися сведениями о фактической погоде;
- предоставление программного интерфейса к функциям сохранения результатов анкетирования пользователей (фокус-группы проекта) в базе данных;
- формирование и выдача по запросу прогноза самочувствия пользователя на основе значений его ФП, полученных ранее, и соответствующих метеорологических сведений;
- получение разработчиками для исследовательских целей сохраненных и обезличенных значений ФП и метеорологических сведений в виде электронных таблиц.

Клиентская часть проекта была построена в виде мобильного приложения для смартфонов и планшетных компьютеров на базе операционной системы Google Android. Доступность таких устройств, постоянно снижающиеся цены на них способствуют массовому распространению данной услуги среди населения. Кроме того, было разработано веб-приложение, практически полностью дублирующее функции и пользовательский интерфейс мобильного (с некоторыми очевидными исключениями), что обеспечило возможность работать с системой пользователям, не имеющим в распоряжении мобильных устройств, с помощью обычного персонального компьютера, имеющего выход в интернет.

Клиентское приложение реализует следующие функции:

- проведение опроса пользователя о его состоянии средствами интуитивно понятного графического интерфейса и отправка полученных данных на сервер проекта. При отсутствии доступа к интернету данные сохраняются в памяти устройства. В последнем

случае отправка сохраненных данных на сервер производится при возобновлении подключения к сети;

- получение от сервера прогноза о самочувствии пользователя и отображение его на экране устройства в текстовом и графическом виде;

- получение от сервера и отображение на экране устройства другой статистической и справочной информации;

- выдача пользователю напоминаний о необходимости пройти очередное обследование;

- защита доступа к данным средствами авторизации на сервере проекта. При отсутствии доступа к интернету используются сохраненные в памяти устройства реквизиты пользователя, тем самым обеспечивается возможность проведения опросов в условиях автономной работы.

Для расчета прогноза разработан специальный алгоритм, основанный на многомерном корреляционном анализе. При достаточном количестве проведенных пользователем измерений алгоритм позволяет определить степень зависимости его самочувствия от метеорологических и геомагнитных факторов, а также от стресса и нетипичных событий, после чего на основе метеопрогноза рассчитать доверительные интервалы для прогнозируемых параметров. При необходимости прогноз дополняется рекомендациями врача, сформированными на основании зарегистрированных и ожидаемых значений ФП.

Расчет прогнозов

По запросу пользователя с мобильного приложения серверное программное обеспечение выполняет расчет индивидуального прогноза самочувствия и ФП. Результат расчета немедленно передается пользователю и отображается на его устройстве в графическом и текстовом виде (рис. 4). Такое построение системы обеспечивает индивидуальный подход к каждому потребителю, практически мгновенное выполнение необходимых расчетов на мощном сервере и небольшой объем данных, передаваемых по каналу связи.



Рис. 4. Вид экрана программы “Ветерок” при формировании заключения и прогноза о самочувствии на ближайший день

Первые практические результаты

В ходе отладки системы “Ветерок” в качестве ее пользователей были привлечены 8 добровольцев, которые в течение 2–3 мес. ежедневно вносили в базу данных сведения о своем самочувствии и других ФП. Одновременно в базу автоматически записывались сведения о фактической погоде в регионе проживания добровольцев. Таким образом были получены временные ряды зависимых и независимых параметров.

Для оценки оправдываемости прогнозов был применен следующий способ. По временным рядам двигалось скользящее окно фиксированного размера. Отрезки рядов внутри окна использовались для расчета прогноза зависимых параметров на день, следующий за текущим положением окна. Прогноз выдавался в виде доверительного интервала значений прогнозируемого параметра для доверительной вероятности 95 %. При попадании истинного значения параметра на тот же день в прогнозный интервал прогноз считался оправдавшимся. После прохождения скользящего окна по всему временному ряду вычислялся процент оправдавшихся прогнозов для каждого зависимого параметра каждого добровольца.

После этого была рассмотрена зависимость процента оправдавшихся прогнозов от ширины скользящего окна. Выяснилось, что эта функция имеет разный вид для разных добровольцев.

Для людей с выраженной метеозависимостью процент оправдываемости прогнозов монотонно возрастает (рис. 5). Это объясняется тем, что при увеличении объема вовлекаемых в расчеты данных существующая статистическая зависимость прогнозируемого параметра от независимых проявляется все лучше и, следовательно, точность прогнозирования растет.

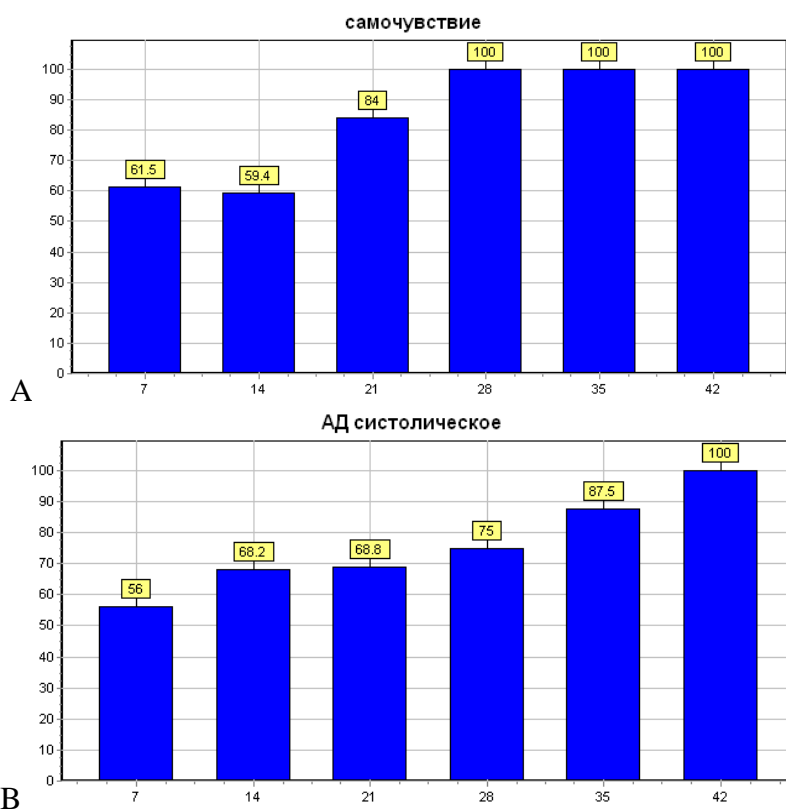


Рис. 5. Зависимость степени оправдываемости прогноза, выдаваемой системой “Ветерок”, от длины анализируемого интервала наблюдений, для практически здорового волонтера с высокой степенью метеочувствительности

Для людей без существенной метеозависимости такого монотонного роста функции не наблюдается (рис. 6). Процент оправдываемости прогнозов случайным образом колеблется около значения 50 %, подтверждая отсутствие заметной статистической зависимости прогнозируемого параметра от погоды.

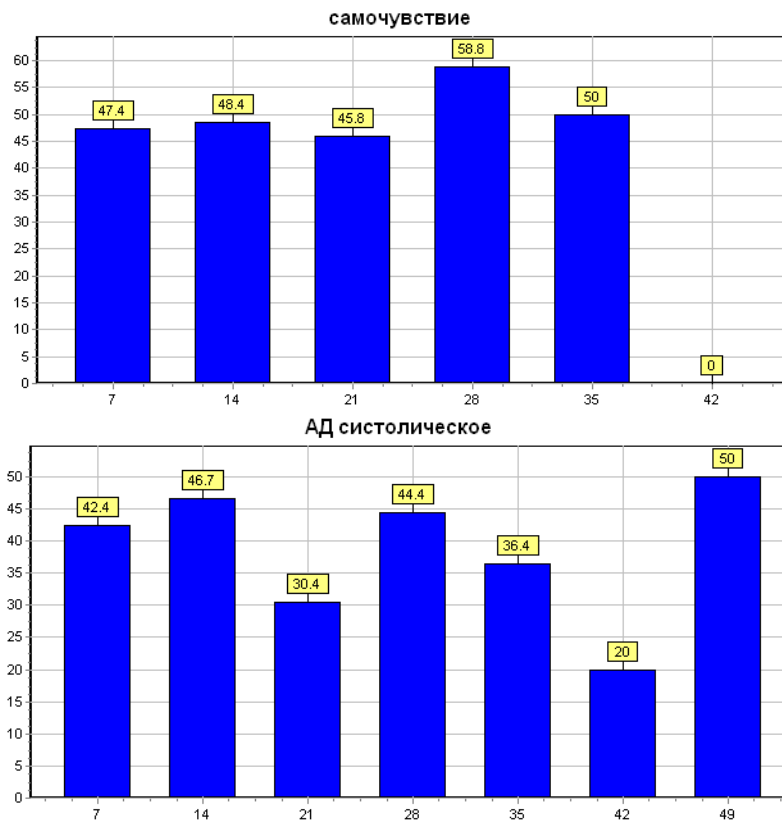


Рис. 6. Зависимость степени оправдываемости прогноза, выдаваемой системой «Ветерок», от длины анализируемого интервала наблюдений, для практически здорового волонтера с низкой степенью метеочувствительности

Таким образом, для лиц с выраженной метеочувствительностью по мере увеличения длины временного ряда индивидуальных измерений возрастает и оправдываемость прогноза, выдаваемого приложением, что свидетельствует об адекватности примененного алгоритма.

Заключение

В статье рассмотрена актуальность разработки массовой системы биомониторинга, проведен анализ ряда научных статей, на основе которого построен список используемых метеорологических, геомагнитных и физиологических показателей. Изложена и обоснована архитектура построения программного обеспечения системы «Ветерок». Дано краткое описание действующего макета системы.

Дальнейшее развитие проекта предполагает повышение точности и надежности прогнозирования за счет модернизации алгоритма, а также совершенствование пользовательского интерфейса и расширение его функциональности и информативности.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 14-07-00757).

Литература

- Авцын А.П.* Введение в географическую патологию: монография. М.: Медицина, 1972. 328 с.
- Агаджанян Н.А., Миррахимов М.М.* Горы и резистентность организма. М.: Наука, 1970. 184 с.
- Агаджанян Н.А., Петрова П.Г.* Человек в условиях Севера. М.: КРУК, 1996. 208 с.
- Агулова Л.П.* Принципы адаптации биологических систем к космогеофизическим факторам // Биофизика. 1998. Т. 43, № 4. С.571–574.
- Агулова Л.П.* Биоритмологические закономерности формирования компенсаторно-приспособительных реакций в условиях клинической модели стресса: Дис. ... д-ра биол. наук. Томск, 1999. 250 с.
- Андропова Т.И., Деряпа Н.Р., Соломатин А.П.* Гелиометеотропные реакции здорового и больного человека. Л.: Медицина, 1982. 247 с.
- Ассман Д.* Чувствительность человека к погоде. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 245 с.
- Баевский Р.М.* Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии М.: Медицина, 1979. 298 с.
- Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клеукин С.З.* Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984. 220 с.
- Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П., Довгалецкий П.Я., Кукушкин Ю.А., Миронова Т.Ф., Прилуцкий Д.А., Семенов А.В., Федоров В.Ф., Флейшман А.Н., Медведев М.М.* Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С.65–87.
- Белишева Н.К., Попов А.Н., Петухова Н.В. и др.* Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека // Биофизика. 1995. Вып. 5. С.1005–1012.
- Белишева Н.К., Конрадов А.А.* Значение вариаций геомагнитного поля для функционального состояния организма человека в высоких широтах // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1/2. С.44–52.
- Бойко Е.Р.* Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 186 с.
- Бреус Т.К., Баевский Р.М., Никулина Г.А., Чибисов С.М., Черникова А.Г., Пухляк М., Ораевский В.Н., Халберг Ф., Корнелиссен Ж., Петров В.М.* Воздействие геомагнитной активности на организм человека, находящегося в экстремальных условиях, и сопоставление с данными лабораторных наблюдений // Биофизика. 1998. Т. 43, № 5. С.811–818.
- Бреус Т.К., Рапопорт С.И.* Магнитные бури – медико-биологические и геофизические аспекты. Изд-во “Советский спорт”, 2003. 192 с.
- Владимирский Б.М., Волынский А.М.* О воздействии короткопериодических колебаний (КПК) геомагнитного поля типа Pc1 на сердечно-сосудистую и нервную системы животных // Реакция биологических систем на слабые магнитные поля. М., 1971. С.131.
- Гудков А.Б., Попова О.Н., Небученных А.А.* Новоселы на Европейском Севере: Физиолого-гигиенические аспекты. Архангельск: Изд-во Сев. гос. мед. ун-та, 2012. 285 с.
- Гурфинкель Ю.И.* Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность. М., 2004. 170 с.
- Гурфинкель Ю.И., Каце Н.В., Парфенова Л.М., Иванова И.Ю., Орлов В.А.* Сравнительное исследование скорости распространения пульсовой волны и эндотелиальной функции у здоровых и пациентов с сердечно-сосудистой патологией // Российский кардиологический журнал. 2009. № 2. С.38–43.
- Деряпа Н.Р., Рябинин И.Ф.* Адаптация человека в полярных районах Земли. Л., 1977. 293 с.
- Зенченко Т.А., Цагареишвили Е.В., Ощепкова Е.В., Рогоза А.Н., Бреус Т.К.* К вопросам влияния геомагнитной и метеорологической активности на больных артериальной гипертензией // Клиническая медицина. 2007. № 1. С.31–35.
- Зенченко Т.А., Цандеков П.А., Григорьев П.Е., Мёрзлый А.М., Зенченко К.И., Хорсева Н.И., Григал П.П.* Исследование характера связей физиологических и психофизиологических показателей организма с метеорологическими и геомагнитными факторами // Геофизические процессы и биосфера. 2008. Т. 7, № 3. С.25–36.

- Зенченко Т.А., Рехтина А.Г., Хорсева Н.И., Заславская Р.М., Бреус Т.К. Сравнительный анализ чувствительности различных показателей гемодинамики здоровых людей к действию атмосферных факторов в условиях средних широт // Геофизические процессы и биосфера. 2009. Т. 8, № 4. С.61–76.
- Зенченко Т.А., Поскотинова Л.В., Рехтина А.Г., Заславская Р.М. Связь параметров колебаний кровотока в микроциркуляторном русле с геомагнитными пульсациями РСЗ // Биофизика. 2010. Т. 55, № 4. С.732–739.
- Зенченко Т. А., Мёрзлый А. М., Солонин Ю. Г. Сравнение случаев индивидуальной метеочувствительности человека в экстремальных условиях зимы северных и средних широт // Экология человека. 2011а. № 11. 3–13.
- Зенченко Т.А., Рехтина А.Г., Поскотинова Л.В., Заславская Р.М., Гончаров Л.Ф. Сравнительный анализ реакции показателей микроциркуляции и артериального давления здоровых людей на действие геомагнитной активности // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2011. Т 152, № 10. С.379–383.
- Зенченко Т.А. Метод последовательных приближений в задаче исследования механизма индивидуальных гелиометеотропных реакций // Сборник материалов международной конференции “Влияние космической погоды на здоровье человека в космосе и на Земле”, Москва, 4–7 июня 2012 г. С.633–648. <http://www.iki.rssi.ru/books/2013breus2.pdf>
- Зенченко Т.А., Варламова Н.Г. Характеристики реакции показателей гемодинамики здоровых людей на изменения метеорологических и геомагнитных факторов в условиях Севера // Геофизические процессы и биосфера. 2015. Т. 14, № 2. С.50–66.
- Мартынюк В.С. Связь динамики электрических характеристик организма человека с вариациями космической погоды // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1/2. С.53–61.
- Никберг И.И., Ревуцкий Е.Л., Сакали Л.И. Гелиометеотропные реакции человека. Киев: “Здоров'я”, 1986. 144 с.
- Новикова К.Ф., Рывкин Б.А. Солнечная активность и сердечно-сосудистые заболевания // Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М.: Наука, 1971. С.164–179.
- Овчарова В.Ф. Основные принципы специализированного прогноза погоды для медицинских целей и профилактики метеопатических реакций у больных заболеваниями сердечно-сосудистой системы // Физические факторы в лечении больных с сердечно-сосудистой патологией в условиях Сибири. Томск, 1975. С.53–61.
- Овчарова В.Ф. Определение содержания кислорода в атмосферном воздухе на основе метеорологических параметров (давления, температуры, влажности) с целью прогнозирования гипоксического эффекта атмосферы // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. 1981. № 2. С.29–34.
- Побаченко С.В., Колесник А.Г., Бородин А.С., Калужин В.В. Сопряженность параметров энцефалограммы мозга человека и электромагнитных полей шумановского резонатора по данным мониторинговых исследований // Биофизика. 2006. Т. 51, № 3. С.534–538.
- Поскотинова Л.В., Григорьев П.Е. Зависимость типологических особенностей вегетативных реакций здоровых лиц от фоновых показателей // Экология человека. 2008. № 5. С.3–8.
- Рапопорт С.И., Большакова Т.Д., Малиновская Н.К., Ораевский В.Н., Мещерякова С.А., Бреус Т.К., Сосновский А.М. Магнитные бури как стрессовый фактор // Биофизика. 1998. Т. 43, № 4. С.632–639.
- Сидякин В.Г., Темуриянц Н.А., Макеев В.Б., Тишкин О.Г. Чувствительность человека к изменению солнечной активности // Успехи современной биологии. 1983. Т. 96, вып. 1(4). С.151–160.
- Темуриянц Н.А., Макеев В.Б., Тишкин О.Г. Влияние солнечной активности на систему крови // Лаб. дело. 1983. № 2. С.3–6.
- Темуриянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев: Наукова думка, 1992. 187 с.
- Хорсева Н.И. Возможность использования психофизиологических показателей для оценки влияния космофизических факторов (обзор) // Геофизические процессы и биосфера. 2013. Т. 12, № 2. С.34–56. (Using Psychophysiological Indices to Estimate the Effect of Cosmophysical Factors (Review). *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2013. V. 49, N 8. P.839–852).

- Хорсева Н.И., Григорьев П.Е., Поскотинова Л.В., Килесса Г.В., Гливенко А.В.* Интегративный подход к изучению влияния космофизических факторов на функциональное состояние человека: создание первой общедоступной информационной системы мониторинга психофизиологических показателей. Труды Международной конференции. ИКИ РАН, Москва, Россия, 4–8 июня 2012 г. / Под ред. А.И. Григорьева, Л.М. Зелёного. В 2-х т. М.: ИКИ РАН, 2013. Т. 2. С.756–769.
- Черноус С.А.* Особенности variability сердечного ритма в период геомагнитных возмущений в полярных областях // Тезисы междисциплинарного семинара “Биологические эффекты солнечной активности”, Пущино, 6–9 апреля 2004. С.9–10.
- Чибисов С.М.* Влияние геомагнитной активности на сократительную функцию сердца животных // Современные проблемы изучения и сохранения биосферы. Т. 2. Живые системы под внешним воздействием. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. С.51–55.
- Шеповальников В.Н., Сороко С.И.* Метеочувствительность человека / Отв. ред. В.А. Яковлев. Бишкек: Илим, 1992. 247 с.
- Baevsky R.M., Petrov V.M., Cornelissen G., Halberg F., Orth-Gomur K., Ekerstedt T., Otsuka K., Breus T., Siegelova J., Dusek J., Fiser B.* Meta-analyzed heart rate variability, exposure to geomagnetic storms, and the risk of ischemic heart disease // Scripta medica. 1997. N 70. P.199–204.
- Cornelissen G., Halberg F., Breus T.K., Syutkina E.V., Baevskii R.M., Weydahl A., Watanabe Y., Otsuka K., Siegelova J., Fiser B., Bakken E.E.* Non-photoc solar associations of heart rate variability and myocardial infarction // J. Atmosph. Solar-Terr. Phys. 2002. V. 64. P.707–728.
- Delyukov A., Gorgo Y., Cornélissen G., Otsuka K., Halberg F.* Natural environmental associations in a 50-day human electrocardiogram // Int. J. Biometeorol. 2001. 45(2). P.90–99.
- Gurfinkel Yu., Breus T., Zenchenko T., Ozheredov V.* Investigation of the Effect of Ambient Temperature and Geomagnetic Activity on the Vascular Parameters of Healthy Volunteers // Open Journal of Biophysics. 2012. 2. P.46–55. doi: 10.4236/ojbiphy.2012.22007. Published Online April 2012 (<http://www.SciRP.org/journal/ojbiphy>).
- Halberg F., Engeli M., Humburger C., Hillman D.* Spectral resolution of low-frequency, small-amplitude rhythms in excreted 17-ketosteroid; probably androgen – induced circaseptan desynchronization // Acta Endocrinol. 1965 (Kbh) Suppl. 103. P.5–54.
- Halberg F., Cornelissen G., Otsuka K., Watanabe, Y., Katinas G.S., Burioka N., Delyukov A., Gorgo Y., Zhao Z.Y., Weydahl, A., Sothern, R.B., Siegelova, J., Fiser, B., Dusek J., Syutkina E.V., Perfetto F., Tarquini R., Singh R.B., Rhee B., Lofstrom D., Lofstrom P., Johnson P.W.C., Schwartzkop O.* Cross-spectrally coherent ~10:5- and 21-year biological and physical cycles, magnetic storms and myocardial infarctions // Neuroendocrinology Letters 21. 2000. P.233–258.
- Stoupe E., Shimshoni M., Agmon J.* Is localization of acute myocardial infarction time related? // Clinical Cardiology. 1988. V. 11, (1). P.45–49.
- Stoupe E.* Effect of geomagnetic activity on cardiovascular parameters // Journal of Clinical and Basic Cardiology. 1999. 2. P.34–40.

Сведения об авторах

КАДИН Игорь Львович – генеральный директор компании “K1SOFT”. 115088 г. Москва, ул. Шарикоподшипниковская, д. 22. Тел.: +7(495) 363-98-89. E-mail: i.kadin@k1soft.ru

ЗЕНЧЕНКО Татьяна Александровна – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН. 142290, Московская обл., г. Пущино, ул. Институтская, д. 3; старший научный сотрудник, Институт космических исследований РАН. 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32. E-mail: zench@mail.ru

СУДАРЕВ Алексей Монесович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт радиотехники и электроники РАН. 125009 г. Москва, ул. Моховая, д. 11/7; генеральный директор компании “КОНСТЭЛ”. 107076 г. Москва, ул. Стромынка, д. 19/2. E-mail: sudarev@constel.ru

УСС Олег Игоревич – ведущий специалист компании “КОНСТЭЛ”. 107076 г. Москва, ул. Стромынка, д. 19/2. E-mail: uss.oleg@gmail.com

КАСПРАНСКИЙ Рустем Рамилович – кандидат медицинских наук, заместитель начальника управления Центра подготовки космонавтов им. Гагарина. 141160 Московская обл., Звездный городок. E-mail: kaspranski@mail.ru

ИВАНОВА Елена Борисовна – доцент, Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники. 119454 Москва, пр. Вернадского, д. 78. E-mail: s-elena20@yandex.ru

Автор для связи с редакцией – Зенченко Татьяна Александровна, zench@mail.ru, тел 8-910-455-78-44, 8-925-205-80-48

THE ARCHITECTURE AND OPERATING MODEL OF MOBILE INFORMATION SYSTEM OF PERSONAL RISK FORECASTING OF HEALTH DETERIORATION OF METEOSENSITIVE PERSONS CAUSED BY MAGNETOSPHERIC AND ATMOSPHERIC FACTORS

I.L. Kadin¹, T.A. Zenchenko^{2,3}, A.M. Sudarev^{4,5}, O.I. Uss⁵,
R.R. Kaspranski⁶, E.B. Ivanova⁷

¹ “KISOFT Ltd”, Moscow, Russia

² Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow Region, Russia

³ Institute of Space Research, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁴ Institute of Radioengineering and Electronics of RAS, Moscow, Russia

⁵ “CONSTEL Ltd”, Moscow, Russia

⁶ Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center, Star City, Moscow region, Russia

⁷ Moscow State University of Information Technologies, Radio Engineering and Electronics, Moscow, Russia

Abstract. The article describes the basic principles of construction and the first results of the implementation of new telemedicine system “Veterok”, developed by the authors for self-monitoring and forecasting changes in the health depending on changes in meteorological and geomagnetic conditions. The program is intended for everyday use by as patients with disorders of the cardiovascular system, as well as healthy individuals. The forecast is made on the basis of the results of self-measurement of blood pressure, heart rate (by means of household tonometer), and subjective assessments of health. The forecast algorithm is based on multivariate correlation between data series and the level of stress, meteorological and geomagnetic factors. The architecture of a computer system designed for mass application is described and justified. A brief description of the current layout of the system. Examples of the results obtained when testing the system by 8 volunteers for three months.

Keywords: meteosensitivity, health’s forecast, telemedicine systems.

Наука и технологические разработки. 2015. Т. 94, № 2. С. 3-16.