

# ПРИБОРЫ, СИСТЕМЫ И ИЗДЕЛИЯ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

УДК 614.21

DOI 10.21685/2307-5538-2020-4-9

*О. Е. Безбородова, О. Н. Бодин, М. Н. Крамм, Б. В. Чувькин*

## СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

*О. Е. Bezborodova, O. N. Bodin, M. N. Kramm, B. V. Chuvykin*

## MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN MEDICAL INFORMATION SYSTEMS

**А н н о т а ц и я. Актуальность и цели.** В настоящее время уделяется большое внимание исследованиям различных информационных систем на основе мультиагентных технологий, являющихся наряду с искусственным интеллектом и облачными вычислениями одним из последних достижений информационных технологий, способствующих повышению эффективности обработки информации, автоматизации и управления. Статья посвящена применению современных информационных технологий в медицинских информационных системах, широкое распространение которых обусловлено необходимостью совершенствования профилактики, диагностика и лечения заболеваний. **Материалы и методы.** Использован агентно-ориентированный подход к построению медицинских информационных систем. **Результаты.** В статье показано, что основным элементом в медицинских информационных системах является автоматизированное рабочее место врача, где на основе технологии *eHealth*, мультиагентной и облачной технологий в рамках Государственного единого облачного пространства обеспечивается оказание необходимых медицинских услуг. **Выводы.** Отличительной особенностью автоматизированного рабочего места врача является трехзвенная клиент-серверная архитектура, позволяющая: осуществлять мониторинг функционального состояния организма пациента; автоматически с помощью носимого мобильного устройства, которым оснащен пациент из группы риска, принимать решение по оказанию экстренной медицинской помощи в случае определения жизни угрожающего функционального состояния организма; моделировать функциональное состояние организма пациента и прогнозировать течение заболевания; организовать консилиум специалистов для принятия врачебного решения; освободить врача от рутинной бумажной работы, и отличающаяся иерархической организацией информационного взаимодействия гетерогенной группы интеллектуальных агентов. Благодаря современным информационным технологиям расширяются функциональные возможности медицинских информационных систем.

**A b s t r a c t. Background.** At present, much attention is paid to the research of various information systems based on multi-agent technologies, which, along with artificial intelligence and cloud computing, are one of the latest achievements of information technologies that con-

tribute to improving the efficiency of information processing, automation and control. The article is devoted to the use of modern information technologies in medical information systems, the widespread use of which is due to the need to improve the prevention, diagnosis and treatment of diseases. **Materials and methods.** An agent-based approach to the construction of medical information systems is used. **Results.** The article shows that the main element in medical information systems is an automated workstation for a doctor, where, based on eHealth technology, multi-agent and cloud technologies, the provision of necessary medical services is provided within the framework of the State Unified Cloud Space. **Conclusions.** A distinctive feature of the automated workstation of a doctor is a three-tier client-server architecture, which allows: monitoring the functional state of the patient's body; automatically, using a wearable mobile device equipped with a patient from a risk group, make a decision on the provision of emergency medical care in the event that a life threatening functional state of the body is determined; simulate the functional state of the patient's body and predict the course of the disease; organize a consultation of specialists to make a medical decision; free the doctor from routine paperwork, and a hierarchical organization of information interaction of a heterogeneous group of intelligent agents. Thanks to modern information technologies, the functionality of medical information systems is expanding.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** современные информационные технологии, медицинские информационные системы, интеллектуальные агенты, автоматизированное рабочее место врача.

**К e y w o r d s:** modern information technologies, medical information systems, intelligent agents, automated workstation of a doctor.

#### *Актуальность*

Электронное здравоохранение (*eHealth*) включает в себя комплекс средств, повышающих доступность и качество медицины за счет реализации потенциала информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). ИКТ открывают широкие возможности для использования носимых медицинских устройств (НМУ) с целью мониторинга здоровья пациентов, дистанционного и оперативного оказания высококвалифицированной медицинской помощи, использования систем поддержки принятия решения, а также организации дистанционных консилиумов врачей [1, 2]. Прогнозируется, что к 2024 г. рынок носимых медицинских устройств достигнет 67 млрд долл. [3].

В настоящее время в России в целом сформирован рынок медицинских информационных систем (МИС) и программного обеспечения для них. Разработка, развитие и внедрение МИС для регионального здравоохранения являются приоритетом (85 % от всего финансирования) государственного финансирования в 2019–2024 гг. Наиболее перспективными направлениями совершенствования МИС на период до 2024 г. являются развитие сферы использования НМУ, для этого необходимо развитие облачных технологий и интеллектуализации медицинской деятельности [4].

#### *Постановка проблемы*

В настоящее время наблюдается бум персональных портативных систем мониторинга состояния здоровья – НМУ или же *wearables* – это мини-компьютеры, в которые встроены специальные датчики, измеряющие параметры окружающей среды и физические показатели человека, а также уровень его активности. Устройства при этом подключены к сети *Internet* и синхронизированы с ПК или смартфоном врача и/или пациента. Эти устройства характеризуются непосредственным соединением с сетью *Internet*, взаимодействием с окружающей средой и владельцем; выполнением функции не только умного устройства, но и аксессуара (часы, браслеты, трекеры). НМУ позволяют снизить риск госпитализации или даже смерти, уменьшают вероятность травмы, помогают предупредить развитие болезни, позволяют осуществлять удаленный мониторинг состояния пациентов в режиме 24/7 [5]. Учитывая статистику

сердечно-сосудистых заболеваний и внезапной сердечной смерти, необходимость обеспечения пациентов портативными кардиоанализаторами (ПКА) выходит на первый план.

Для эффективного использования ПКА в целях своевременного оказания экстренной кардиологической помощи и предотвращения внезапной сердечной смерти необходима постоянная связь ПКА через *Internet* с автоматизированным рабочим местом (АРМ) врача-кардиолога и наличие больших вычислительных мощностей для обработки электрокардосигнала (ЭКС).

Целью статьи является разработка путей совершенствования МИС медицинской организации (МО) для повышения качества медицинских услуг.

### Решение проблемы

С 2015 г. в РФ разрабатывается и поэтапно реализуется «Концепция создания государственной единой облачной платформы» [6, 7]. Проект Государственного единого облачного пространства (ГЕОП) нацелен на предоставление государственным структурам единой облачной платформы. «Гособлако» – это защищенное облако, безопасность работы в котором обеспечивается государством. Это особенно важно при передаче по *Internet* медицинских данных. Если данные хранятся в «облаке», их копии автоматически распределяются по нескольким серверам. При выходе из строя компьютера на АРМ врач не теряет данные – он может получить их с любого другого компьютера ГЕОП. Дата-центры ГЕОП обеспечивают круглосуточную поддержку функционирования виртуальных машин. Это создает высокий уровень надежности и отказоустойчивости функционирования МИС МО.

Авторы считают, что наиболее подходящей для организации информационного взаимодействия в МИС МО является трехзвенная клиент-серверная архитектура [8]. На рис. 1 приведена схема трехзвенной клиент-серверной архитектуры МИС МО. Клиент связывается с базой данных (БД) не напрямую, а через сервер приложений.

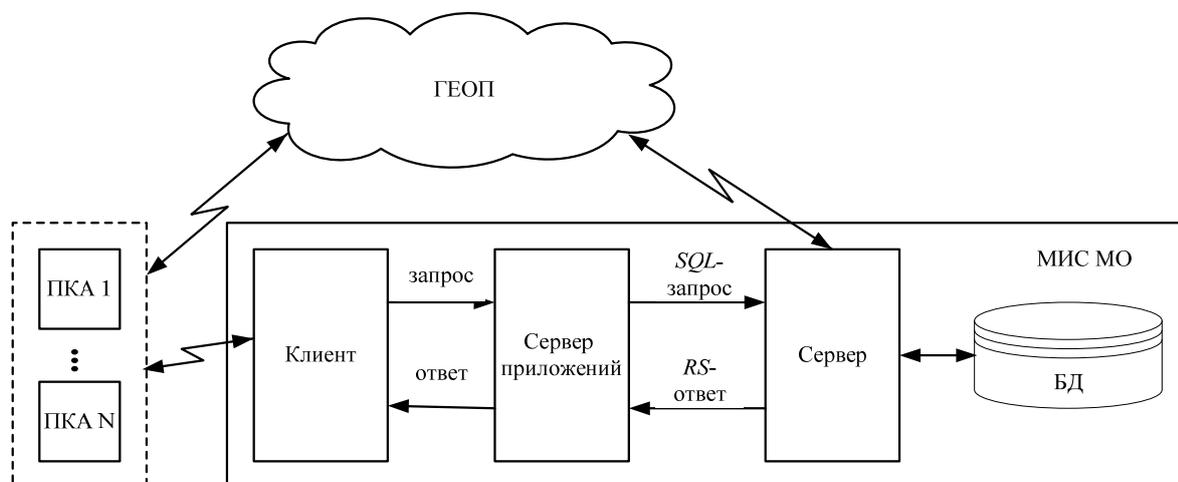


Рис. 1. Схема трехзвенной клиент-серверной архитектуры МИС МО

В рамках ГЕОП работа трехзвенной клиент-серверной архитектуры МИС МО построена следующим образом:

- БД в виде набора файлов находится на жестком диске специально выделенного компьютера (сервера сети МИС МО);
- система управления БД (СУБД) располагается также на сервере сети МИС МО;
- существует специально выделенный сервер приложений, на котором располагается программное обеспечение (ПО) анализа медицинской информации;
- существует множество клиентских компьютеров, на каждом из которых установлен так называемый «тонкий клиент» – клиентское приложение, реализующее интерфейс пользователя;
- на каждом из клиентских компьютеров пользователи имеют возможность запустить приложение – «тонкий клиент», который инициирует обращение к ПО анализа медицинской информации;

- сервер приложений анализирует требования пользователя и формирует запросы к БД. Для общения используется специальный язык запросов *SQL*, т.е. по сети от сервера приложений к серверу БД передается лишь текст запроса;
- СУБД инкапсулирует внутри себя все сведения о физической структуре БД, расположенной на сервере;
- СУБД инициирует обращения к данным, находящимся на сервере, в результате которых результат выполнения запроса копируется на сервер приложений;
- сервер приложений возвращает результат в клиентское приложение (пользователю);
- приложение, используя пользовательский интерфейс, отображает результат выполнения запросов.

По мнению авторов, трехзвенная клиент-серверная архитектура МИС МО способствует повышению качества медицинских услуг.

### Облачные вычисления

Облачные вычисления осуществляются сетевыми компьютерными системами, основными элементами которых являются: компьютерная сеть с повышенной надежностью и пропускной способностью; клиент «облака» – аппаратное и программное обеспечение, взаимодействующее с «облаком» на основе стека протоколов *TCP/IP*; собственно «облако» – программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий работу «облачных» сервисов, взаимодействие с клиентом и динамическое управление ресурсами облака [9]. Применительно к МО это соответственно локальная вычислительная сеть МИС МО, АРМ врача-кардиолога и ГЕОП.

С точки зрения АРМ врача-кардиолога отличием работы в «облачной» среде от использования традиционных сетевых ресурсов является универсальный интерфейс, ориентированный на *web*-технологии и *http*-протокол в качестве базовых средств управления «облаком» и доступа к его сервисам. Для специализированного ПО сохраняется возможность использования собственных прикладных протоколов, работающих в составе стека протоколов *TCP/IP*.

При построении «облачной» МИС базовой является трехзвенная модель «клиент – сервер», предполагающая выделение клиента – выполняющего функции взаимодействия с пользователем и формирования запросов на основе заложенной логики, и сервера – выполняющего специализированную обработку данных. Сетевые коммуникации клиента и сервера выполняются в соответствии с нормами эталонной модели взаимодействия открытых систем *ISO/OSI* и моделью взаимодействия *TCP/IP* [10].

Способ доступа – «*http*-клиент – *web*-интерфейс доступа к серверу – сервер», показанный на рис. 2, универсален и позволяет использовать любой тип сервиса при наличии у пользователя только *http*-клиента, что характерно для мобильных устройств, таких как ПКА.

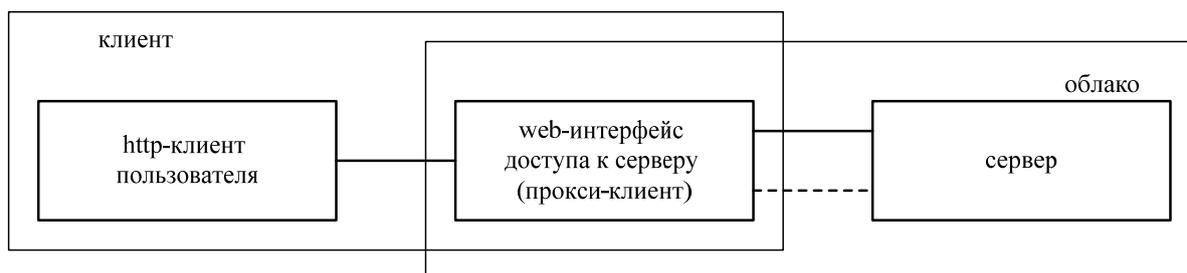


Рис. 2. Особенности клиент-серверной модели организации «облака» МИС МО

При этом:

- реализуется единый для всех сервисов путь «*http*-клиент – компьютерная сеть – программно-аппаратное ядро – *web*-интерфейс управления ресурсами и обеспечения доступа к сервисам – шина доступа к сервисам «облака» – сервис»;
- разделяются функции клиента на платформо-зависимый интерфейс пользователя, который реализуется аппаратурой, операционной системой и *Internet*-обозревателем, и платформо-независимую исполнительную часть, реализующую бизнес-логику и технический интерфейс доступа к серверу.

Таким образом, имеющийся в составе архитектуры «облака» *web*-интерфейс управления ресурсами и обеспечения доступа к сервисам транслирует *http*-трафик клиента в трафик специализированного сервисного протокола и освобождает программно-аппаратные средства пользователя от сложных, производительных вычислений; обеспечивая пространственную и временную мобильность пользователя. При использовании «облака» пользователь МИС МО ориентирован на обработку информации, а не на передачу данных, что способствует повышению качества медицинских услуг.

### Мультиагентные технологии

Мультиагентная система (МАС) – это система, образованная несколькими взаимодействующими интеллектуальными агентами (ИА). МАС создаются для решения проблем, которые сложно или невозможно решить с помощью одного агента. Примерами таких задач являются моделирование развития заболевания или подбор лекарственных препаратов с учетом особенностей и противопоказаний пациента.

МАС – это сложный программно-аппаратный комплекс с интеллектуальными компонентами или использующий нейронные сети, в которых традиционное понятие «программы» оказывается в определенной степени размытым. В работе [11] дается формализованное определение МАС, не детализируя содержание входящих в формулу составляющих:

$$MAS = (A, E, R, ORG, ACT, COM, EV),$$

где  $A$  – множество ИА,  $E$  – множество сред, находящихся в определенных отношениях  $R$  и взаимодействующих друг с другом, формирующие некоторую систему  $ORG$ , обладающих набором индивидуальных и совместимых действий  $ACT$  (стратегия поведения и поступков), включая возможные коммуникативные действия  $COM$  и возможность эволюции  $EV$ .

Согласно работе [12] МАС может рассматриваться как сильно связанная сеть решателей, совместно работающих над проблемами, которые могут выходить за рамки возможностей отдельных ИА.

Исходя из этого, МАС – это совокупность взаимосвязанных программно-аппаратных ИА, способных взаимодействовать друг с другом и внешней средой, обладающих определенными интеллектуальными способностями и возможностью индивидуальных и совместных действий.

На основе материалов, приведенных в работах [13, 14], где отмечены характерные особенности ИА: чувствительность к внешним воздействиям, объем памяти и времени, необходимого на выполнения действия, авторами для определения интеллектуальности агентов осуществлено ранжирование агентов (см. табл. 1).

Таблица 1

Параметры, характеризующие интеллектуальность агентов

|                           |                                 |    |   |
|---------------------------|---------------------------------|----|---|
| Сенсорные свойства агента | S1                              | 0  | С одним чувством  |
|                           |                                 | 1  | С несколькими чувствами   |
|                           | S2                              | 0  | Только одно из многих чувств в данной ситуации                  |
|                           |                                 | 1  | Множественные чувства на единичный объект, событие или ситуацию |
| Характеристики памяти     | M1                              | 0  | Без памяти  |
|                           |                                 | 1  | С памятью на прошедшие события (конечной)                       |
|                           |                                 | 2  | С потенциально неограниченной или бесконечной памятью           |
|                           | M2                              | 0  | Только с кратковременной памятью                                |
|                           |                                 | 1  | С кратковременной и долговременной памятью                      |
|                           | M3                              | 0  | Не может обучаться (не наращивает долговременную память)        |
|                           |                                 | 1  | Может обучаться (наращивает долговременную память)              |
|                           | M4                              | 0  | Хранит сенсорную информацию по некоторому чувству               |
|                           |                                 | 1  | Хранит сенсорную информацию по всем чувствам                    |
|                           | Возможность действия во времени | T1 | 0   |
| 1                         |                                 |    | Может планировать действия                                      |
| T2                        |                                 | 0  | Не может визуализировать чувства                                |
|                           |                                 | 1  | Может визуализировать некоторые чувства                         |
|                           |                                 | 2  | Может визуализировать все чувства                               |
| T3                        |                                 | 0  | Не имеет модели среды существования                             |
|                           |                                 | 1  | Имеет предопределенную модель                                   |
|                           |                                 | 2  | Может создавать ментальные модели среды                         |
|                           |                                 |    |   |

Значения приведенных в табл. 1 параметров можно рассматривать как координаты вектора в параметрическом пространстве или как кодовое слово вида  $S_1 S_2 M_1 M_2 M_3 M_4 T_1 T_2 T_3$  в троичной системе счисления.

По приведенной в работе [14] формуле можно вычислить и сравнить уровень интеллектуальности различных агентов:

$$ID = \sum_{i=S_1}^{T_3} |Par_{ai} - Par_{bi}|,$$

где  $Par_{ai}$ ,  $Par_{bi}$  – значения признака для агентов  $a$  и  $b$  соответственно, а индекс  $i$  – состоит из множества параметров  $\{S_1, S_2, M_1, M_2, M_3, M_4, T_1, T_2, T_3\}$ , приведенных в табл. 1.

Для МАС может быть введено понятие среднего веса ИА в системе, определяемое по формуле

$$IW_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n IW_i,$$

где  $n$  – число ИА в МАС,  $IW_i$  – вес  $i$ -го ИА.

Основной отличительной особенностью агента является интеллектуальность, т.е., комплекс технологических решений, имитирующий когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и позволяющий при выполнении задач достигать результаты, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает информационно-коммуникационную инфраструктуру, ПО, в котором в том числе используются методы машинного обучения, процессы и сервисы по обработке данных и выработке решений.

Предлагаемая концепция МАТ в МИС на основе функциональных моделей ИА и МАС обеспечивает интеграцию ИА и облачных вычислений в рамках одной структуры МИС, оптимизацию и персонализацию оказания лечебно-диагностической медицинской помощи путем функционального распределения целей и задач агентов.

### Результаты

Основой взаимодействия МИС МО с ГЕОП является АРМ врача-специалиста, «Гособлако» генерирует рабочее место как услугу. В основе данного подхода по предоставлению МИС МО АРМ врачей лежит технология *VDI* – виртуальное рабочее место [15]. В этом случае обеспечивается доставка полноценного профиля врача-пользователя до его рабочего места. Основной функционал подхода «Рабочее место как услуга» заключается в настройке и развертывании виртуального АРМ на основе единого программного шаблона с учетом специализации врача (шаблоны медицинских заключений врачей-специалистов, средства для заполнения электронных медицинских карт, доступ к разделам БД лекарств и пр.). Также, в зависимости от размеров и специализации МО, осуществляется масштабирование АРМ – количество и функционал АРМ каждой специализации.

В МИС на основе мультиагентной технологии интеллектуальный агент вместе со своей онтологией и персональными настройками поставлен в соответствие каждому пациенту и врачу-специалисту, руководителям различного уровня в МО, любым ресурсам МО, таким как подразделение, лекарство или диагностическая процедура, метод лечения.

Функции контроля и первичной диагностики пациента в условиях свободной двигательной активности или стационара возложены на интеллектуального агента прогноза течения болезни (ИА ПТБ). Этот ИА размещен на сервере МИС МО и имеет возможность клонирования стационарного ИА ПТБ на АРМ врачей-специалистов, в том числе и кардиолога, а также мобильного ИА ПТБ для ПКА (см. рис. 1).

Мониторинг состояния сердца пациента осуществляется следующим образом. Врач-кардиолог устанавливает пациенту ПКА и в состоянии покоя и оптимального состояния сердца регистрирует и фиксирует ЭКС в исходном мире ИА ПТБ как стандартный для данного пациента. Этот сигнал в дальнейшем будет считаться ИА ПТБ как эталонный и использоваться для анализа последующих состояний сердца пациента. После чего по каналу связи (*Internet*,

wi-fi, и пр.) врач-кардиолог подключает ПКА пациента к своему АРМ, оснащенный специальным ПО.

ПКА в условиях свободной двигательной активности пациента вне МО регистрирует ЭКС пациента, а ИА ПТБ фиксирует его как состояние «своего» мира. На рис. 3 представлена схема алгоритма работы ПКА в составе МИС МО [16].



Рис. 3. Схема алгоритма работы ПКА в составе МИС

В случае обнаружения жизни угрожающего состояния сердца пациента мобильный ИА ПТБ *экстренно* передает информацию на АРМ врача-кардиолога. Если диагноз подтверждается, стационарный ИА ПТБ отправляет на ПКА соответствующее сообщение, при этом осуществляется вызов скорой медицинской помощи к текущему местоположению пациента. Если же диагноз не подтверждается, ПКА продолжает штатную работу.

При предварительной обработке на зарегистрированном ЭКС осуществляется устранение дрейфа изолинии. На рис. 4 и 5 представлены соответственно ЭКС с дрейфом изолинии и результат устранения дрейфа изолинии ЭКС в ПКА.

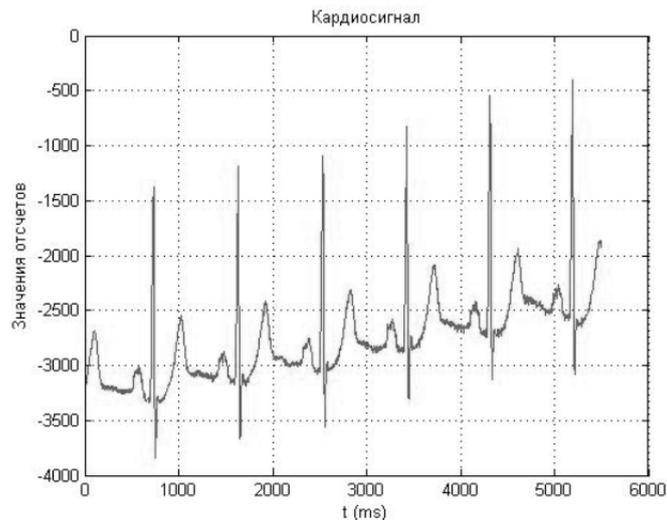


Рис. 4. ЭКС с дрейфом изолинии

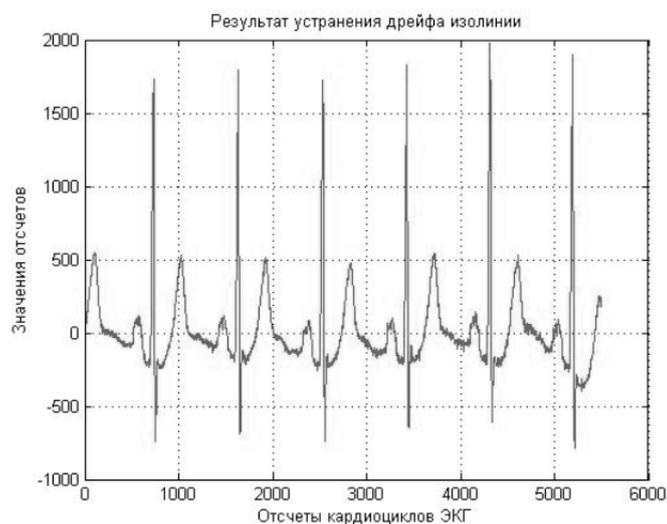


Рис. 5. Результат устранения дрейфа изолинии ЭКС в ПКА

Дрейф изолинии представляет собой низкочастотные колебания с частотой менее 1 Гц и обусловлен влиянием на ЭКС аддитивных низкочастотных помех. Наибольшее влияние дрейф изолинии оказывает на анализ низкочастотных участков ЭКС, особенно *ST* сегментов (см. рис. 3). Кроме того, непостоянство изолинии влияет на точность измерения амплитудных параметров зубцов, так как именно от изолинии ведется отсчет их амплитуды [17].

Для устранения дрейфа изолинии ЭКС в ПКА в каждом цикле сердечных сокращений на *TP*-сегменте выделяют и запоминают значения отсчетов ЭКС. Далее выделяют участки монотонности ЭКС и формируют значения отсчетов сигнала дрейфа изолинии на каждом участке монотонности ЭКС путем сортировки по возрастанию (для монотонно возрастающего участка) или убыванию (для монотонно убывающего участка) значений их отсчетов. Полученный сигнал дрейфа изолинии вычитают из исходного ЭКС. Результат устранения дрейфа изолинии ЭКС в ПКА приведен на рис. 4. Как следует из анализа рис. 4, дрейф изолинии ЭКС значительно снижается, что позволяет повысить качество диагноза.

#### Заключение

Авторами предложена методика построения МИС с использованием мультиагентных и облачных технологий, опирающаяся на принцип распределения функций между всеми агентами системы. Такая система по своей сути представляет собой совокупность отдельных ин-

теллектуальных систем, каждая из которых решает свою задачу в соответствии с принципом распределенного решения задач.

Предлагаемая вычислительная модель МИС с использованием МАТ в рамках трехзвенной архитектуры «клиент–сервер» обеспечивает мониторинг состояния сердца, оценку состояния сердца, моделирование электрической активности сердца с использованием облачных вычислений.

Ядром вычислительной модели МИС с использованием МАТ является АРМ врача-кардиолога. Согласно принципу распределения функций между агентами множество модулей АРМ, реализующих функции агентов, интерпретируют задачу МИС с различных точек зрения. В результате формируется ЭМК пациента, в которой отражена деятельность агентов.

Предлагаемая вычислительная модель МИС призвана помочь врачу и не навредить пациенту.

### Библиографический список

1. Сайт «Telados. Health». – URL: <https://www.teladoc.com/> (дата обращения: 26.10.2020).
2. Журавлев, М. С. Электронное здравоохранение: становление и развитие / М. С. Журавлев // Право. Журнал Высшей школы экономики. – 2016. – № 2. – С. 235–241. – DOI 10.17323/2072-8166.2016.2.235.241.
3. Сайт «Прогрессивные медицинские технологии 2019 года». – URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5cd56130a27d9900b324d676/progressivnye-medicinskie-tehnologii-2019-goda-ot-telemeditsiny-do-3dorganov-5cf7b1d195ea7300af21942a> (дата обращения: 26.10.2020).
4. Гусев, А. В. Тренды и прогнозы развития медицинских информационных систем в России / А. В. Гусев, М. А. Плисс, М. Б. Левин, Р. Э. Новицкий // Врач и информационные технологии. – 2019. – № 2. – С. 38–49.
5. Сайт «M-Health Congress». – URL: <https://mhealthcongress.ru/ru/article/nosimie-ustroystva-v-meditsine-sovremennye-gadgeti-dlya-zdorovya-95183> (дата обращения: 26.10.2020).
6. Концепция создания государственной единой облачной платформы, утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 августа 2019 г. № 1911-р.
7. Сайт TAdviser «Государственная единая облачная платформа ГЕОП». – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Гособлако\\_Государственная\\_единая\\_облачная\\_платформа\\_\(ГЕОП\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Гособлако_Государственная_единая_облачная_платформа_(ГЕОП)) (дата обращения: 26.10.2020).
8. Мартин, Дж. Организация баз данных в вычислительных системах / Дж. Мартин. – Москва : Мир, 1980. – 664 с.
9. Листопад, Н. И. Модели функционирования «облачной» компьютерной системы / Н. И. Листопад, Е. В. Олизарович // Доклады БГУИР. – 2012. – № 3 (65). – С. 23–29.
10. Олифер, В. Г. 0-54 Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – 4-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2010. – 944 с.
11. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход : пер. с англ. / С. Рассел, П. Норвиг. – Москва : Вильямс, 2006. – 1408 с.
12. Тарасов, В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика / В. Б. Тарасов. – Москва : Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
13. Durfee, E. H. Negotiating task decomposition and allocation using partial global planning. Distributed Artificial Intelligence: Vol. II / E. H. Durfee, V. Lesser ; ed. by L. Gasser, M. Huhns. – San Francisco : Morgan Kaufmann, 1989. – P. 229–244.
14. Franklin, S. Artificial Minds / S. Franklin. – Cambridge, Mass. ; London : MIT press, 1995. – 449 p.
15. Патент 2486584 Российская Федерация. Способ построения иерархической системы сетевого взаимодействия виртуальных рабочих мест / Пильщиков Д. Е., Борисов В. В., Завьялов Г. Е., Дудяков А. М., Жосану А. М. – Заявл. 16.07.2013 ; опубл. 27.06.2013, Бюл. № 18.
16. Патент 2567271 РФ. Способ экспресс-оценки электрической стабильности сердца / Бодин О. Н., Иванчуков А. Г., Кривоногов Л. Ю., Петровский М. А., Рахматуллоев Ф. К. – Заявл. 16.09.2011 ; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10.
17. Бодин, О. Н. Помехоустойчивая обработка электрокардиосигналов в системах неинвазивной кардиодиагностики / О. Н. Бодин, Л. Ю. Кривоногов, Е. А. Ломтев, К. А. Ожикенов. – Алматы : Изд-во ЛЕМ, 2016.

### References

1. Website «Telados. Health». Available at: <https://www.teladoc.com/> (accessed Oct. 26, 2020).
2. Zhuravlev M. S. *Pravo. Zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki* [Law. Journal of the Higher school of Economics]. 2016, no. 2, pp. 235–241. DOI 10.17323/2072-8166.2016.2.235.241. [In Russian]

3. *Sayt «Progressivnye meditsinskie tekhnologii 2019 goda»* [Website "Progressive medical technologies 2019"]. Available at: <https://zen.yandex.ru/media/id/5cd56130a27d9900b324d676/progressivnye-meditsinskie-tekhnologii-2019-goda-ot-telemeditsiny-do-3dorganov-5cf7b1d195ea7300af21942a> (accessed Oct. 26, 2020). [In Russian]
4. Gusev A. V., Pliss M. A., Levin M. B., Novitskiy R. E. *Vrach i informatsionnye tekhnologii* [Doctor and information technology]. 2019, no. 2, pp. 38–49. [In Russian]
5. *Website «M-Health Congress»*. Available at: <https://mhealthcongress.ru/ru/article/nosimie-ustroystva-v-meditsine-sovremennye-gadgeti-dlya-zdorovya-95183> (accessed Oct. 26, 2020).
6. *Kontseptsiya sozdaniya gosudarstvennoy edinoy oblachnoy platformy, utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 28 avgusta 2019 g. № 1911-r* [The concept of creating a state unified cloud platform, approved by decree of the Government of the Russian Federation No. 1911-R of August 28, 2019]. [In Russian]
7. *Sayt TAdviser «Gosudarstvennaya edinaya oblachnaya platforma GEOP»* [The website TAdviser "The national unified cloud platform HEAP"]. Available at: [https://www.tadviser.ru/index.php/Stat'ya:Gosoblako\\_Gosudarstvennaya\\_edinaya\\_oblachnaya\\_platforma\\_\(GEOP\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Stat'ya:Gosoblako_Gosudarstvennaya_edinaya_oblachnaya_platforma_(GEOP)) (accessed Oct. 26, 2020). [In Russian]
8. Martin Dzh. *Organizatsiya baz dannykh v vychislitel'nykh sistemakh* [Organization of databases in computing systems]. Moscow: Mir, 1980, 664 p. [In Russian]
9. Listopad N. I., Olizarovich E. V. *Doklady BGUIR* [BSUIR reports]. 2012, no. 3 (65), pp. 23–29. [In Russian]
10. Oliner V. G., Oliner N. A. *0-54 Komp'yuternye seti. Printsipy, tekhnologii, protokoly: uchebnik dlya vuzov* [Computer network. Principles, technologies, protocols: textbook for universities]. 4th ed. Saint-Petersburg: Piter, 2010, 944 p. [In Russian]
11. Rassel S., Norvig P. *Iskusstvennyy intellekt: sovremennyy podkhod: per. s angl.* [Artificial intelligence: a modern approach]. Moscow: Vil'yams, 2006, 1408 p. [In Russian]
12. Tarasov V. B. *Ot mnogoagentnykh sistem k intellektual'nykh organizatsiyam: filosofiya, psikhologiya, informatika* [From multi-agent systems to intelligent organizations: philosophy, psychology, computer science]. Moscow: Editorial URSS, 2002, 352 p. [In Russian]
13. Durfee E. H., Lesser V. *Negotiating task decomposition and allocation using partial global planning. Distributed Artificial Intelligence: Vol. II.*; ed. by L. Gasser, M. Huhns. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1989, pp. 229–244.
14. Franklin S. *Artificial Minds*. Cambridge, Mass.; London: MIT press, 1995, 449 p.
15. Patent 2486584 Russian Federation. *Sposob postroeniya ierarkhicheskoy sistemy setevogo vzaimodeystviya virtual'nykh rabochikh mest* [Patent 2486584 Russian Federation. Method for building a hierarchical network interaction system for virtual workstations]. Pil'shchikov D. E., Borisov V. V., Zav'yalov G. E., Dudakov A. M., Zhosanu A. M.; appl. 16.07.2013; publ. 27.06.2013, bull. № 18. [In Russian]
16. Patent 2567271 Russian Federation. *Sposob ekspress-otsenki elektricheskoy stabil'nosti serdtsa* [Patent 2567271 of the Russian Federation. Method for rapid assessment of electrical stability of the heart]. Bodin O. N., Ivanchukov A. G., Krivonogov L. Yu., Petrovskiy M. A., Rakhmatullof F. K.; appl. 16.09.2011; publ. 10.04.2015, bull. № 10. [In Russian]
17. Bodin O. N., Krivonogov L. Yu., Lomtev E. A., Ozhikenov K. A. *Pomekhoustoychivaya obrabotka elektrokardiosignalov v sistemakh neinvazivnoy kardiadiagnostiki* [Noise-resistant processing of electrocardiosignals in non-invasive cardiodiagnostics systems]. Almaty: Izd-vo LEM, 2016. [In Russian]

**Безбородова Оксана Евгеньевна**

кандидат технических наук, доцент,  
кафедра техносферной безопасности,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: ot@pnzgu.ru

**Bezborodova Oksana Evgen'evna**

candidate of technical sciences, associate professor,  
sub-department of technosphere safety,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Бодин Олег Николаевич**

доктор технических наук, профессор,  
кафедра информационно-измерительной техники  
и метрологии,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: iit@pnzgu.ru

**Bodin Oleg Nikolaevich**

doctor of technical sciences, professor,  
sub-department of information and measurement  
technology and metrology,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Крамм Михаил Николаевич**

кандидат технических наук, доцент,  
кафедра основ радиотехники,  
Национальный исследовательский университет  
«МЭИ»  
(Россия, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14)  
E-mail: KrammMN@mail.ru

**Kramm Mikhail Nikolayevich**

candidate of technical sciences, associate professor,  
sub-department of radio engineering fundamentals,  
National Research University «MPEI»  
(14 Krasnokazarmennaya street, Moscow, Russia)

**Чувькин Борис Викторович**

доктор технических наук, профессор,  
кафедра информационно-вычислительных систем,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: chuvykin\_bv@mail.ru

**Chuvykin Boris Viktorovich**

doctor of technical sciences, professor,  
sub-department of information computer systems,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Образец цитирования:**

Безбородова, О. Е. Современные информационные технологии в медицинских информационных системах / О. Е. Безбородова, О. Н. Бодин, М. Н. Крамм, Б. В. Чувькин // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2020. – № 4 (34). – С. 73–83. – DOI 10.21685/2307-5538-2020-4-9.