



СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ЗНАНИЙ

УДК 612.17

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЗАДАЧ В КАРДИОЛОГИИ

В.М. НИКИТИН¹
В.В. ЛОМАКИН¹
Д.А. АНОХИН¹
И.К. КАЙДАЛОВА²
И.И. ИВАНОВ¹

¹ Белгородский
государственный
университет

² Белгородская городская
больница №1

e-mail: nikitin@bsu.edu.ru
e-mail: lomakin@bsu.edu.ru
e-mail: anohin@bsu.edu.ru
e-mail: sargerion@mail.ru

В статье рассмотрены возможные варианты интеллектуализации информационной системы поддержки принятия решений АРМ «Кардиолог-интеллект» как модуля региональной телемедицинской сети. Предложена структура АРМ «Кардиолог-интеллект», схема взаимодействия программных модулей кардиологической справочной системы и структура базы данных. Дан анализ элементов интеллектуальности кардиологической справочной системы, оптимизирующей работу кардиолога.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, телемедицина, кардиология, автоматизированное рабочее место, электронный диагноз, биоинформационные технологии, дистанционный мониторинг, интеллектуальные системы, база данных.

Введение

Разработка и внедрение технологии «телемедицина» является одним из приоритетных направлений развития «информационного общества» в России. Данная работа проводится в рамках ФЦП «Электронная Россия, 2002-2010 годы» и ФЦП «Информационное общество, 2011-2018 гг.». В работе рассматриваются вопросы, связанные с созданием предпосылок для перехода к осуществлению непрерывного профилактического интеллектуального телемониторинга кардиобольных г. Белгорода. Предлагаются интеллектуальные аппаратно-программные средства, которые могут существенно повысить эффективность применения созданного в Белгородском государственном университете федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов, содержащего в своём составе модуль телемедицины. В частности, в статье предлагается структура разрабатываемого программного комплекса АРМ «Кардиолог-интеллект», который может входить в состав создаваемой в России телемедицинской сети на уровне «центральных районных больниц» и «участковых больниц» (рис. 1) [1-3].



Анализ известных работ, посвящённых решению проблемы оказания дистанционной и автоматизированной помощи кардиобольным, показывает, что исследования в данной предметной области ведутся по следующим основным направлениям:

- разработка программных средств систем поддержки принятия диагностических решений при отдельных сердечно-сосудистых патологиях [4];
- разработка методов построения решающих правил для прогнозирования различных типов болезней сердечно-сосудистой системы [5];
- поиск методов определения информативных биологически активных точек в качестве дополнительных признаков для прогнозирования и диагностики сердечно-сосудистых патологий;
- разработка методов математического моделирования и реконструкции сложных объектов для восстановления трехмерной формы сердца в целях его программной визуализации [6];
- разработка методов и алгоритмических средств построения и симуляции функционирования хаотического автомата для создания виртуальной персональной модели сердечно-сосудистой системы человека при медицинской диагностике [7].

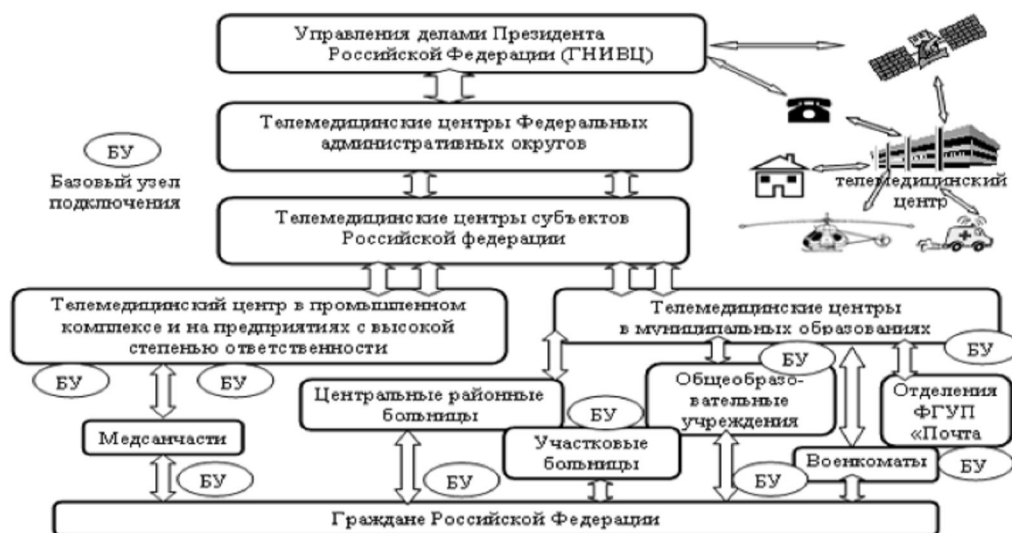


Рис. 1. Архитектура телемедицинской сети Российской Федерации

По причине слабоструктурированности решаемых кардиологом задач, из-за отсутствия четких признаков оценки состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) предлагается решение, базирующееся на использовании интеллекта кардиолога как экспертной системы.

В результате анализа предметной области кардиологии был сделан вывод, что одним из недостатков, рассматриваемых в известных работах различных технических решений, является то, что они не предоставляют кардиологу широких возможностей существенно и оперативно влиять на функционирование программных средств поддержки принятия решений с учётом собственного опыта и особенностей персональной кардиологической истории пациента. Для устранения упомянутого выше недостатка авторским коллективом разработан механизм и процесс функционирования управления системой поддержки принятия решений, представляющей собой АРМ «Кардиолог-интеллект». Данный механизм позволит кардиологу проводить обучение программы путём корректировки автоматически выдаваемых электронных проектов диагноза для каждого конкретного пациента с учётом его уникальной кардиологической истории.



Другим недостатком является то, что среди существующих на данный момент кардиологических справочных систем отсутствуют базы данных, связывающие одновременно отдельные БД по болезням, симптомам, курсам лечения и лекарственным средствам. Сложность создания объединенной БД обуславливается тем, что она должна постоянно поддерживаться в актуальном состоянии, а обновление записей в ней осложняется частыми несинхронными изменениями отдельных элементов. Это приводит к разрыву старых и отсутствию новых связей с добавленными записями. С целью устранения данного недостатка предложена структура БД, отличающаяся от известных тем, что интегрирование тематических БД осуществляется по симптомам, болезням и лекарствам, а процедура актуализации – по объединенной БД, централизованно.

Основные задачи АРМ «Кардиолог-интеллект»

В ходе разработки механизма и процесса управления системой поддержки принятия решений показано, что АРМ «Кардиолог-интеллект» должен обеспечить:

- непрерывный мониторинг состояния пациентов, находящихся в группе повышенного риска с помощью датчиков, регистрирующих необходимую информацию и осуществляющих их оперативную передачу в удаленный центр для последующего анализа;
- автоматическое прогнозирование возможных угроз на основании анализа поступающих данных о пациенте, персональной кардиологической истории и его метаданных и разработка ему профилактических рекомендаций (например, по принятию лекарств при повышенной угрозе и/или обращению в ближайшее лечебное учреждение с учетом его текущего местонахождения). В данной функциональной возможности и будет заключаться интеллектуальная составляющая разрабатываемого АРМ кардиолога;
- предупреждение лечащего врача и пациента о возможной угрозе до ее возникновения, а при возникновении сердечной недостаточности – автоматический вызов скорой помощи с указанием «электронного диагноза» и координат местоположения больного.

Структурная схема АРМ «Кардиолог-интеллект»

В работе предложен один из возможных вариантов технического решения АРМ кардиолога как неотъемлемого компонента технологии «Телемедицина». Структурная схема АРМ «Кардиолог-интеллект» иллюстрируется на рис. 2.

Важной особенностью предлагаемого технического решения АРМ является возможность повышения «интеллекта» программы, обеспечивающей выработку электронного диагноза путём коррекции этого диагноза кардиологом. Данная коррекция реализуется как процесс обучения программы.

Автоматизированное рабочее место должно обеспечивать взаимодействие трёх объектов: пациентов; пользователя АРМ (кардиолог); областного кардиоцентра.

Рассмотрим взаимодействие первых двух объектов, смоделировав конкретные ситуации. При первом непосредственном визите пациента к кардиологу ему в базе данных будет присвоен уникальный идентификатор, через который впоследствии будет работать программа (см. рис. 2 п. 2). Полученные в ходе обследования данные пользователь вводит в АРМ на языке, максимально приближенном к естественному (см. рис. 2 п. 3). Их обрабатывает «модуль обработки данных о пациенте на естественном языке» и сохраняет в БД. Результаты дополнительных обследований и анализов, например, снятие электрокардиограммы (ЭКГ) на стационарном оборудовании лечебного учреждения через телекоммуникационные каналы или каналы связи автоматически передается в АРМ, где обрабатывается в «модуле обработки кардио-данных» и после их оцифровки сохраняется в БД (см. рис. 2 п. 1).

Программный «модуль кардиологической истории» (см. рис. 2. п. 4) предназначен для сбора, структурирования и осуществления анализа всей имеющейся информации в БД по конкретному пациенту (включая данные по другим медосмотрам и анализам, метаданным пациента, поставленным ранее диагнозам и курсам лечения), включая его лечение у специалистов другого профиля. Программный модуль должен автоматически ставить «электронный диагноз» и вырабатывать проект предполагаемого курса

лечения (см. рис. 2 п. 5). Кардиолог сможет откорректировать «электронный диагноз» и проект предполагаемого курса лечения (см. рис. 2 п. 6). При необходимости процесс корректировки может быть осуществлён в несколько итераций. Скорректированные данные сохраняются в БД как заключительный диагноз и курс лечения пациента (см. рис. 2 п. 7).

Структурированная информация в виде электронной медицинской карты может быть предоставлена пользователю и пациенту непосредственно (например, в электронном или распечатанном на бумаге виде) и/или удаленно (например, отсылка информации на email пациента и т.д.) (см. рис. 2 п. 8, 9).

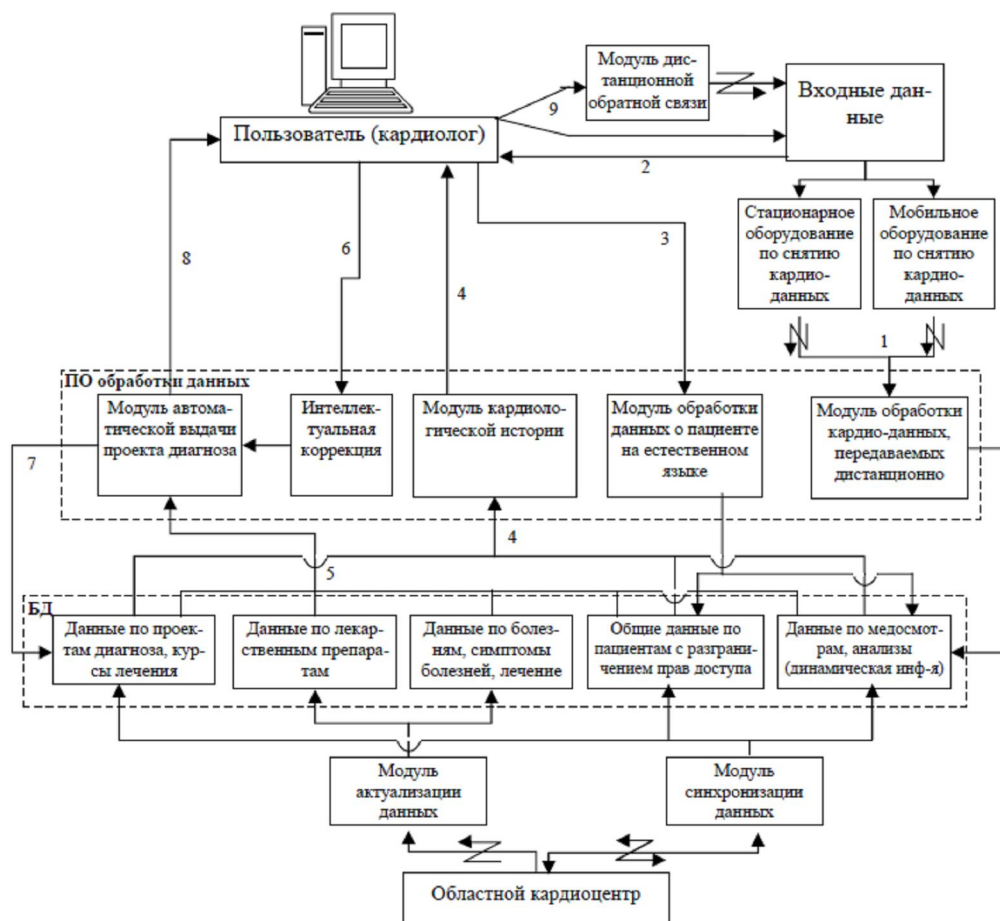


Рис. 2. Структура АРМ «Кардиолог-интеллект»:

1 – дистанционная передача данных со стационарного или мобильного оборудования кардиологической информации относительно пациента (например, электрокардиограммы); 2 – получение входных данных о пациенте; 3 – занесение данных непосредственного медосмотра кардиологом пациента; 4 – получение информации относительно пациента из его кардиологической истории; 5 – формирование электронного проекта диагноза; 6 – пользователь (кардиолог) корректирует электронный проект диагноза; 7 – скорректированный электронный проект диагноза, а также курс лечения сохраняется в БД; 8 – передача скорректированного диагноза и курса лечения из программного модуля кардиологу; 9 – постановка диагноза и назначение курса лечения кардиологом при непосредственном визите или дистанционно; БД – база данных автоматизированного рабочего места кардиолога (АРМ); ПО – программное обеспечение АРМ; \rightleftarrows – дистанционная передача данных.



Далее рассмотрим процесс функционирования АРМ при возникновении необходимости оказания пациенту экстренной дистанционной помощи. Для реализации такого режима работы АРМ осуществляют постоянный мониторинг состояния пациента с помощью различного рода индивидуальных датчиков, включая навигационный комплекс. Передаваемые в АРМ в режиме реального времени данные с датчиков автоматически обрабатываются и анализируются (см. рис. 2 п. 1). По результатам мониторинга текущего состояния пациента вырабатывается «электронный диагноз» как функция времени, которая сохраняется в БД (см. рис. 2 п. 5, 7). Наличие такой функциональной зависимости позволит своевременно обнаружить негативную динамику состояния пациента и оповестить его и лечащего врача о возможном возникновении критической ситуации [8]:

- пациента (родным или патронажным работникам) в виде предварительных рекомендаций (например, через SMS-сообщение принять (дать) лекарство или срочно обратиться в любое лечебное учреждение для своевременного оказания медицинской помощи) (см. рис. 2 п. 9);

- кардиолога в виде запроса на коррекцию рекомендаций и поставленного автоматически электронного диагноза (см. рис. 2 п. 8). Кардиолог может их скорректировать (см. рис. 2 п. 6), и измененные рекомендации будут сохранены в БД (см. рис. 2 п. 7) и повторно отосланы пациенту (см. рис. 2 п. 8, 9). Данные о корректировке пользователем сохраняются в БД и будут автоматически учитываться в последующих «электронных диагнозах» и рекомендациях, выдаваемых АРМ.

Областной кардиоцентр выступает в роли координатора работы всех зарегистрированных АРМ. Основные задачи областного кардиоцентра:

- актуализация информации в базах данных всех АРМ по клиническим рекомендациям, лекарственным препаратам и симптомам болезней в одностороннем автоматическом режиме с целью обеспечения единообразия данных;

- синхронизация данных каждого конкретного АРМ с областным кардиоцентром и остальными АРМ. В отличие от актуализации обмен данных между областным кардиоцентром и АРМ производится в двустороннем порядке.

Интеллектуальная кардиологическая справочная система

На основании анализа структуры АРМ «Кардиолог-интеллект» можно сделать вывод о том, что одним из необходимых её элементов, обеспечивающих информационную поддержку, автоматическую выдачу и интеллектуальную коррекцию электронных проектов диагноза, (см. рис. 2 п. 6-8) является подмодуль АРМ «Кардиолог-интеллект» – интеллектуальная кардиологическая справочная система (ИКСС). При этом ИКСС должна обеспечить формирование электронного диагноза, а также предоставление справочных материалов кардиологу по симптомам, синдромам, особым физиологическим состояниям (ОФС), болезням, курсам лечения, лекарственным препаратам и процедурам. В целях информационного обеспечения функционирования АРМ «Кардиолог-интеллект» авторским коллективом была разработана структурная схема его взаимодействия с областной телекоммуникационной системой, которая иллюстрируется на рис. 3.

На первом этапе взаимодействия кардиолога с ИКСС через комплекс АРМ «Кардиолог-интеллект» должна быть реализована автоматическая передача персональных кардиологических данных в ИКСС; автоматическая постановка предварительного диагноза на основании кардиологической истории и известных симптомов, синдромов, ОФС посредством вывода совокупности возможных болезней в виде отсортированного по релевантности списка. При поиске возможных болезней должен учитываться параметр степени важности наличия или отсутствия в каждой болезни выбранного и невыбранного симптома, синдрома и ОФС, что позволит решить проблемы недостаточности и недостоверности исходных данных. Например, при поиске болезней, возможных при симптомах – одышка, отеки, тремор, сердцебиение – должны быть определены в качестве возможных следующие болезни: сердечная недостаточность (наличие всех обычных симптомов, кроме симптома – тремор), инфаркт миокарда и др.

На втором этапе необходимо обеспечить возможность кардиологу взаимодействовать с ИКСС, редактируя предварительный электронный диагноз. Отметим, что элемент интеллектуальности ИКСС должен состоять в ее способности в обучении кардиологом. Необходимо реализовать процесс обучения ИКСС так, чтобы каждая корректировка кардиологом электронного диагноза запоминалась системой, это позволит ей впоследствии при однородной ситуации учитывать предыдущий опыт, и в каждой новой итерации вероятность постановки ошибочного электронного диагноза будет снижаться.

Если у кардиолога возникнет необходимость в уточнении диагноза, у него должна быть возможность воспользоваться встроенной справочной информацией по кардиологическим болезням, симптомам, синдромам, ОФС, лекарственным препаратам и процедурам с возможностью начала просмотра с любого элемента, при этом имеются внутренние связи между элементами [8]. Это становится возможным благодаря объединению следующих баз данных: по болезням; курсам лечения; лекарственным препаратам.

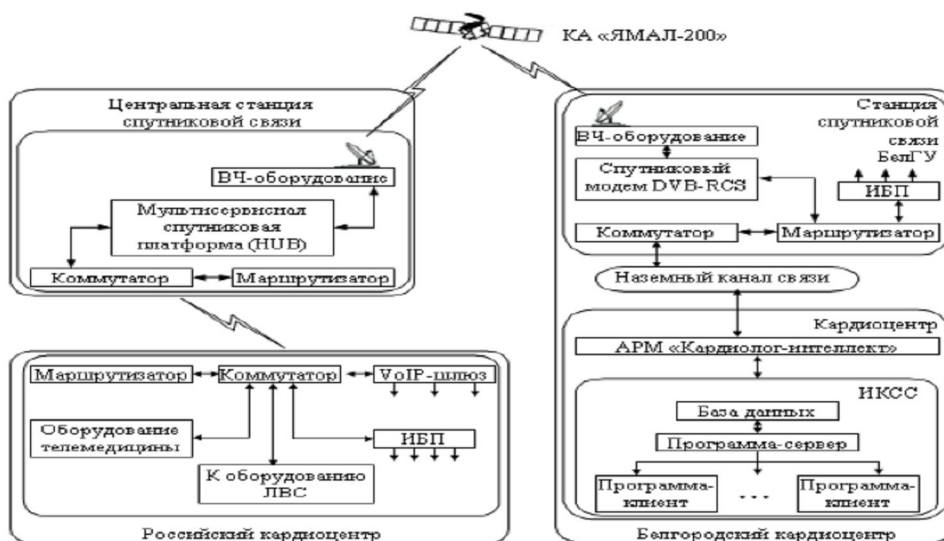


Рис. 3. Структурная схема взаимодействия интеллектуальной кардиологической справочной системы АРМ «Кардиолог-интеллект» с областной телекоммуникационной системой

На третьем этапе должна осуществляться автоматическая выработка электронных рекомендаций по курсу лечения, установленной кардиологом болезни с учетом противопоказаний к лекарственным средствам и процедурам у конкретного пациента. Интеллектуальность данного этапа будет проявляться в том, что при выработке рекомендаций по курсу лечения в случае обнаружения в нем противопоказанных лекарств (процедур) для конкретного больного программа сама должна произвести поиск допустимых аналогов среди лекарственных препаратов (процедур).

На рис. 4 иллюстрируется разработанная авторским коллективом структура базы данных ИКСС.

Данная БД будет реализована на платформе СУБД MySQL, потому что эта СУБД обладает следующими необходимыми характеристиками: поддерживает многопоточность выполнения запросов, свободно распространяема; масштабируема; обеспечивает быструю работу с данными.

С целью решения проблемы создания объединенной кардиологической базы данных предлагается:



- использовать централизованную актуализацию БД через областной кардиологический центр (см. рис. 2), что уменьшит нагрузку на кардиолога при работе с системой;
- формирование объединенной базы данных из БД по лекарствам и процедурам, курсам лечения, болезням, симптомам и синдромам, ОФС, что позволит в достаточной мере описать предметную область;
- построение отношений: болезни ↔ (симптомы + синдромы + ОФС), курсы лечения ↔ (лекарства + процедуры), болезни ↔ курсы лечения, (процедуры и лекарства) ↔ (альтернативные связи), что обеспечит связывание отдельных баз данных;
- создание группировок по противопоказаниям на некоторые лекарства и процедуры при наличии конкретных симптомов, синдромов, ОФС, болезней, когда применение данных лекарственных средств и процедур неприемлемо или ограничено;
- создание группировок по лекарствам, процедурам, болезням, симптомам, синдромам, ОФС в целях обеспечения более быстрого поиска записей по каждому элементу.

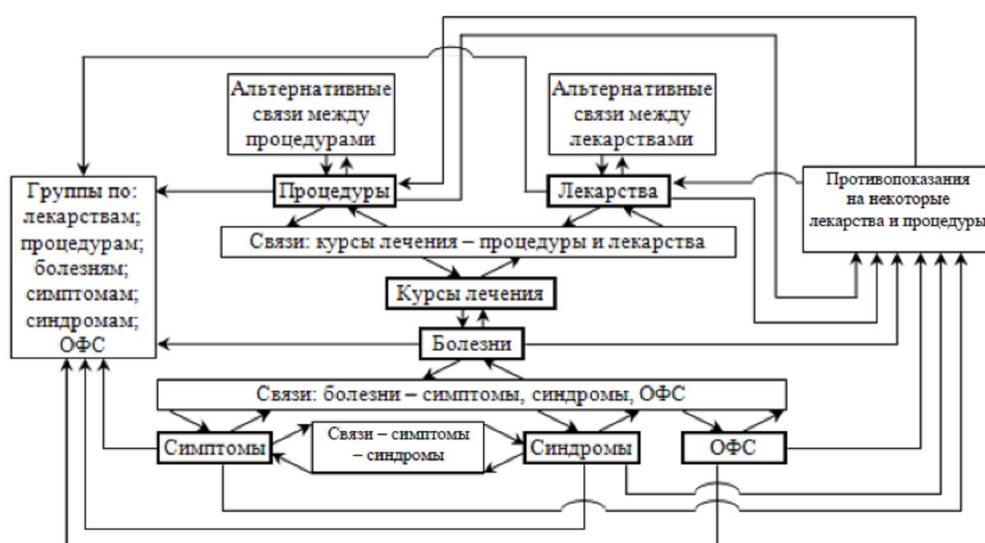


Рис. 4. Структура БД интеллектуальной кардиологической справочной системы

Выводы

1. Представление сложной предметной области кардиологии в форме логико-лингвистических моделей позволит осуществить синтез различных диагнозов и обучения информационной системы на основе экспертных знаний.
2. Предложенный принцип построения электронного комплекса АРМ «Кардиолог-интеллект» позволит реализовать основные требования к современным медицинским аппаратно-программным комплексам. Это прежде всего учет широкого спектра патологий, мгновенного состояния сердечно-сосудистой системы; достижение достаточной для экспертной диагностики степени достоверности электронного проекта диагноза; повышение производительности работы пользователя; надежность и простота в эксплуатации.
3. Предложенное техническое решение базы данных имеет весьма широкую среду применения, включающую функциональную диагностику, кардиологию, кардиохирургию, интенсивную терапию, реанимацию и анестезиологию, массовое обследование населения, а также медицину катастроф.

Литература

1. Система автоматизированного контроля потенциально опасных объектов Российской Федерации в интересах обеспечения защиты от техногенных, природных и террористических



угроз : пат. 2296421 Рос. Федерация : МПК H04B7/185 / Никитин В.М., Меньшиков В.А. и др.; заявитель и патентообладатель Меньшиков Валерий Александрович – № 2005119338/09 ; заявл. 22.06.2005 ; опубл. 27.03.2007, Бюл. ФИПС.

2. Никитин В. М. Новые технологии в Белгородском государственном университете / В.М. Никитин, С.А. Кунгурцев // Высшее образование сегодня. – 2004. – №12. – С. 38-39.

3. Никитин В. М. Комплексное развитие технологий мониторинга и управления региональными ресурсами в рамках федеральной целевой программы «Электронная Россия» / В.М. Никитин, М.И. Макаров, С.В. Павлов и др. // Безопасность жизнедеятельности – 2005. – № 6. – С.24-26.

4. Бодин О. Н. Системы неинвазивного контроля состояния сердца : дис. ... д-ра техн. наук / О. Н. Бодин. – Пенза: Изд-во Пензенского государственного университета, 2008. – 362 с.

5. Татаренков А.А. Методы и средства прогнозирования и ранней диагностики сердечно-сосудистой патологии на основе рефлексодиагностики и нечеткой логики принятия решений: дис. ... канд. техн. наук / А.А. Татаренков. – Курск : Изд-во Курск. гос. техн. ун-т, 2007. – 157 с.

6. Алпатов А. В. Методы математического моделирования для трехмерной реконструкции и функционального анализа желудочков сердца человека по данным эхокардиографии: диссертация ... канд. техн. наук / А. В. Алпатов. – Рязань : Изд-во Рязан. гос. радиотехн. акад., 2003. – 182 с.

7. Калининченко А. Н. Компьютерные методы автоматического анализа ЭКГ в системах кардиологического наблюдения: дис. ... д-ра техн. наук / А. Н. Калининченко. – СПб.: Изд-во ГОУВПО "Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ", 2008. – 205 с.

8. Ломакин В.В. Информационное и лингвистическое обеспечение управления производством : монография / В.В. Ломакин, В.Г. Рубанов. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008. – 174 с.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, государственный контракт №16.740.11.0045 от 01.09.2010; государственный контракт №П276 от 29.04.2010.

INFORMATION DECISION SUPPORT SYSTEM OF SEMISTRUCTURED PROBLEMS IN CARDIOLOGY

V.M. NIKITIN¹⁾

V.V. LOMAKIN¹⁾

D.A. ANOHIN²⁾

I.K. KAYDALOVA²⁾

I.I. IVANOV¹⁾

¹⁾ Belgorod State University
²⁾ Belgorod City Hospital № 1
e-mail: nikitin@bsu.edu.ru
e-mail: lomakin@bsu.edu.ru
e-mail: anohin@bsu.edu.ru
e-mail: sargerion@mail.ru

It describes the options of intellectualization of decision support system AWS Cardiology-intellect, as a module of a regional telemedicine network. There are structure of AWS Cardiology-intellect, scheme of interaction of software modules of reference system and database structure. There are elements of intellectual cardiology reference system, which optimize work of cardiologist.

Key words: decision support system, telemedicine, cardiology, automated workstation, electronic diagnosis, bioinformatics technology, remote monitoring, intelligent systems, data base.