

Ю.А. Таранов, В.Э. Борзых

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ В ПЕРИНАТАЛЬНОМ ЦЕНТРЕ С ПОДДЕРЖКОЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Представлен подход к построению комплексной АСУ перинатальных центров с реализацией системы поддержки принятия врачебных решений на основе экспертных систем. Рассмотрены методы и технологии программирования, принципы построения экспертных систем, используемые при разработке системы; составлены диаграммы взаимодействий компонентов системы. Предложен подход к формированию базы знаний экспертной системы.

Медицинские информационные системы, перинатальный центр, патологии беременности, экспертные системы, базы знаний

Постановка задачи

В последнее время благодаря государственной поддержке уделяется значительное внимание информатизации здравоохранения с целью повышения эффективности и качества оказания медицинских услуг. Анализ медицинских информационных систем (МИС), разрабатываемых для этих целей, по данным [1–3], показал, что при количестве систем, исчисляемом сотнями, подавляющее их большинство направлены на решение задач сбора первичных данных о пациентах и формирование статистической отчетности, а также на решение задач управления лечебно-профилактическими учреждениями (ЛПУ). Однако для повышения качества оказания медицинских услуг и снижения вероятности врачебной ошибки МИС должны также обеспечивать поддержку принятия врачебных решений (СППР) и решать задачи управления лечебно-диагностическим процессом (ЛДП). Слабая реализация поддержки принятия решений, очевидно, связана с тем, что разрабатываемые как коммерческие продукты системы предназначены для многопрофильных медицинских учреждений и не учитывают специфики управления ЛДП. Помимо специализированных компаний разработкой и систематизацией научных знаний в области медицинской информатики занимаются и в академической среде: в центре медицинской информатики занимаются и в академической среде: в центре медицинской информатики ИПС им. А.К. Айламазяна РАН; Карельском научно-медицинском центре Северо-Западного отделения РАМН; Новосибирском техническом университете; ассоциации развития медицинских информационных технологий (АРМИТ).

Анализ МИС показал также отсутствие комплексных систем автоматизации перинатальных центров, работа которых отслеживается по ряду специфических показателей. В этой связи проблема, решению которой посвящено настоящее исследование, состоит в отсутствии моделей и информационно-аналитических систем, позволяющих комплексно решать задачи управления ЛДП в перинатальном центре и обеспечивать помощь в принятии врачебных решений. При этом ставится задача создания формального аппарата, который даст возможность повысить оперативность и обоснованность принятия решений в лечебно-диагностическом процессе перинатальных центров, и разработки системы для его реализации.

Решение задачи

Задача решается на региональном уровне — в первую очередь для нужд ГБУЗ ТО «Перинатальный центр» (г. Тюмень) и подведомственных ему лечебно-профилактических учреждений юга Тюменской области (26 ЛПУ). Необходимо разработать комплексную автоматизированную систему, обеспечивающую не только реализацию стандартных функций МИС, но и поддержку принятия решений на основе экспертных систем. Исходя из требований к современным МИС и тенденций их развития [1, 2] разработка осуществляется с использованием свободного программного обеспечения (на базе Linux), технологии «тонкий клиент» и с учетом возможности работы в «облаке». Система характеризуется наличием кроссплатформенного web-приложения и имеет модульную структуру, что позволяет адаптировать ее для любого медицинского учреждения соответствующего профиля. В зависимости от нужд и особенностей ЛПУ определяется набор модулей системы и конечный результат разработки — интернет (или интранет) сайт. На данный момент реализована часть базовых модулей системы для обеспечения сбора данных о пациентах, ведения истории болезни и статистической обработки данных [4–6]. Целью настоящего этапа исследований является обоснование подхода к реализации СППР в перинатальном центре на основе экспертных процедур.

При разработке программной составляющей системы использовались следующие методы и технологии.

База данных спроектирована с использованием CASE-пакета ERWin Data Modeller и методологии IDEF1X. Разделена на несколько взаимосвязанных частей (крупную единицу системы) и представляет собой достаточно разветвленную сеть таблиц. При построении БД использованы базовые типы отношений: ключевые (специфические отношения и «пользователи системы»), характеристические сущности и справочники, предназначенные для ввода данных о пациентах, врачах, ЛПУ; справочники диагнозов в соответствии с международной классификацией болезней (поиск по классификатору МКБ-Х) и операций; предусмотрены также справочники для определения групп риска у пациентов. В базе минимизирована избыточность хранения данных, количество NULL-значений, а также количество сущностей. Тщательно продуманы связи между отношениями, первичные и внешние ключи.

Клиентская часть ПО спроектирована с использованием средств UML-моделирования «UMLet». Составлены диаграммы «Варианты использования», «Последовательность», «Развертывание», «Компоненты»; проектирование остальных диаграмм с учетом выбранного для разработки веб-фреймворка излишне (не требуется обязательная организация классов, пакетов и т.п.). Диаграммы позволяют формализовать описание работы информационной системы и подготовить ее к разработке. При разработке клиентской части ПО использовался JavaScript-фреймворк DoJo версии 1.8, позволяющий осуществлять разработку интерфейсной части приложения вкупе с логикой обмена данными с сервером. Данная часть системы занимается приемом и передачей информации на сервер и представлением ее пользователю.

Клиентская часть работает на основе технологии AJAX — асинхронного обмена данными с сервером, что делает приложение крайне отзывчивым и высокоскоростным. Обработка крупных выборок производится на сервере, отображение и сортировка таблиц и выборок — на стороне клиента. Данный подход не требует наличия на стороне клиента какого-либо определенного набора программ — достаточно только любого современного браузера. Так обеспечивается кроссплатформенность и низкие системные требования.

Серверная часть. При разработке серверной части использовался язык PHP с поддержкой подключения к СУБД MySQL. Эта часть представляет собой интерфейс взаимодействия между клиентской частью, разработанной на веб-фреймворке DoJo, и базой данных, работающей на сервере баз данных под управлением СУБД MySQL.

Диаграмма взаимодействия компонентов системы представлена на рис. 1.

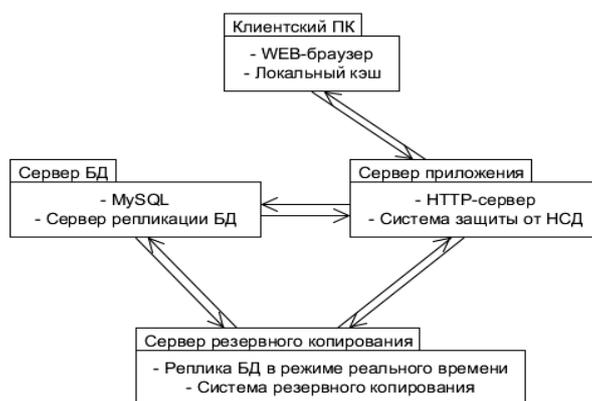


Рис. 1. Диаграмма компонентов системы

В состав системы входит сервер приложений, работающий под ОС Ubuntu Server, на котором находится веб-сервер nginx, сама серверная часть приложения и файлы фреймворка DoJo.

Сервер приложений взаимодействует с сервером баз данных, на котором хранится БД системы. Данные находятся под управлением СУБД MySQL версии 5, обеспечивающей высокое быстродействие, гибкость и скорость в разработке приложений. В нее включен режим репликации данных.

Оба указанных сервера взаимодействуют с сервером резервного копирования, выполняющего роль реплики имеющейся БД и постоянно поддерживающей ее актуальность. Это обеспечивает наличие в любой момент времени точной копии рабочей БД с возможностью ее использования взамен основной в случае сбоя ПО или оборудования. Помимо реплики БД на данном сервере находится также система резервного копирования, хранящая все изменения файлов и БД. Таким образом, в любой момент времени возможен откат (возврат системы в предыдущее состояние). Клиентское приложение (веб-браузер) взаимодействует с сервером приложений, получая от него информацию и формируя пользовательский интерфейс.

Для разработки МИС с системой поддержки принятия врачебных решений необходимо проанализировать функции лечащего врача в перинатальном центре и действующий механизм принятия решений.

Работа врача по существующей на данный момент схеме может быть представлена в виде диаграммы модели бизнес-процесса «As is» (рис. 2).

Сегодня лечебно-диагностический процесс осуществляется на основе опыта конкретного врача, который проводит осмотр, ставит диагноз и назначает лечение. При этом он выполняет следующие действия: опрос пациента, просмотр истории болезни из архива при необходимости; назначение дополнительных исследований (при необходимости); оценка показаний и противопоказаний и выработка рекомендаций относительно тактики проведения коррекции выявленного заболевания. При таком подходе высока вероятность

врачебной ошибки в силу его субъективности, неполноты информации (анализ только текущей истории болезни с данными, записанными со слов пациента) и, возможно, недостатка опыта врача.

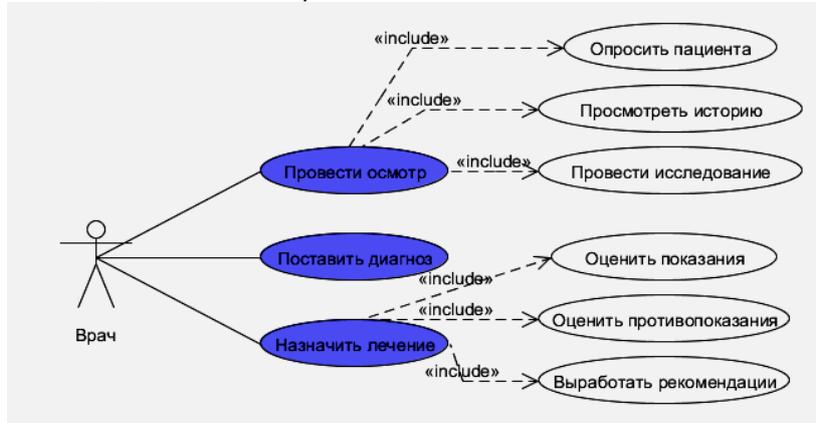


Рис. 2. Диаграмма модели назначения лечения «As is»

Для устранения этих недостатков и оказания помощи в принятии решений по диагностике заболеваний и назначении адекватного лечения разработана общая структура АСУ с экспертной системой поддержки принятия решений. Диаграмма модели «To be» взаимодействия компонентов системы представлена на рис. 3.

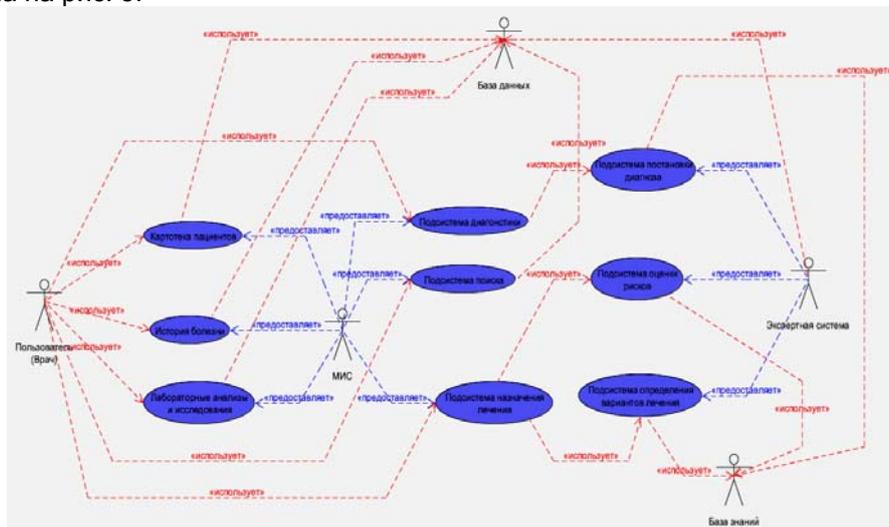


Рис. 3. Диаграмма взаимодействий компонентов разрабатываемой системы

В модели выделены: врач (пользователь), МИС, база данных, экспертная система, база знаний. Врач взаимодействует с МИС, имеющей свою базу данных, и с экспертной системой и ее базой знаний.

Система (МИС) предоставляет врачу доступ к следующим модулям и подсистемам: 1) модули «картотека пациентов» (с возможностью поиска); 2) «история болезни»; 3) «лабораторно-диагностический комплекс» (лабораторные анализы и исследования); 4) подсистемы диагностики; 5) поиска; 6) назначения лечения.

Картотека пациентов МИС предоставляет доступ к медицинским картам всех пациентов, зарегистрированных в МИС. В медицинской карте находится основная информация о пациенте без привязки к конкретной истории болезни.

Модуль МИС «история болезни» позволяет осуществлять доступ к истории болезни пациента.

Лабораторно-диагностический комплекс (ЛДК) состоит из модуля лабораторных анализов и исследований и подсистемы диагностики. В задачи комплекса входит внесение информации об анализах и исследованиях, проводимых в ходе обследования и лечения, формирование рекомендаций и направлений на исследование и помощь в постановке диагноза.

Подсистема диагностики использует возможности экспертной системы, предоставляемые ее подсистемой постановки диагноза.

Подсистема поиска позволяет производить поиск по базе данных по определенному набору критериев и осуществлять поиск как по картотеке, так и по историям болезни. Она же используется при работе со словарями и справочниками.

Подсистема назначения лечения использует два основных блока (модуля) экспертной системы: оценки рисков и определения вариантов лечения. Подсистема назначения лечения обеспечивает формирование рекомендаций по лечению пациента с учетом данных из его истории болезни и рекомендаций экспертной системы.

Экспертная система предоставляет взаимодействие с подсистемами:

- постановки диагноза;
- оценки риска;
- определения вариантов лечения.

Подсистемы экспертной системы используются подсистемами МИС — диагностики и назначения лечения.

Подсистема постановки диагноза позволяет определить возможные диагнозы на основе информации о пациенте, взятой из его истории болезни, и ЛДК. Данная подсистема использует базу знаний, составленную с использованием опыта и знаний квалифицированных экспертов, тем самым обеспечивая объективный подход к диагностике. На этапе формирования базы знаний целесообразно использовать опыт и рекомендации ведущих ученых-эндокринологов («внешние» эксперты); на этапе тестирования разработки — привлечь ведущих специалистов ГБУЗ ТО «Перинатальный центр» и Тюменской государственной медицинской академии («внутренние» эксперты).

Подсистема оценки рисков использует базу знаний для того, чтобы определить противопоказания и выработать наиболее безопасную тактику лечения.

Подсистема определения вариантов лечения использует поставленный диагноз, данные истории болезни и ЛДК, базу знаний, а также сформированные ранее противопоказания и наиболее безопасные методы лечения. Данная подсистема позволяет сформировать наиболее эффективную и безвредную для пациента тактику лечения.

Таким образом, предлагаемый подход к организации ЛДП в перинатальном центре позволяет минимизировать субъективную составляющую, устранить (снизить) вероятность врачебной ошибки, связанную с неполнотой информации и недостатком опыта врача, использовать максимальное количество данных при выработке тактики лечения, минимизировать время, необходимое на постановку диагноза и выбор оптимального варианта лечения. Помимо этого система предоставляет широчайшие возможности для аналитики, что необходимо для поддержания базы знаний в актуальном состоянии.

В разработанной модели МИС использует данные, находящиеся в БД и предоставляемые экспертной системой. Экспертная система для постановки диагноза и формирования тактики лечения использует инструменты базы знаний; для оценки рисков применяются математические модели.

Как известно [7, 8], существует несколько моделей представления знаний для экспертных систем (рис. 4), основанных на эмпирическом и теоретическом подходе.



Рис. 4. Классификация моделей представления знаний

При постановке диагноза достаточно продукционной модели представления знаний, так как при диагностировании заболеваний (в частности, патологий беременности) достаточно просто построить модель с правилами-продукциями вида: Rel={if (условие) then (заключение)}.

В общем случае продукционную модель можно представить в виде

$$N = \langle A, U, C, I, R \rangle,$$

где N — имя продукции; A — сфера ее применения; U — условие применимости; C — ядро продукции; I — постусловия, актуализирующиеся при успешной реализации продукции; R — комментарий, неформальное пояснение.

В состав экспертных систем продукционного типа входят: база правил (знаний), рабочая память (рабочая БД) и интерпретатор правил (решатель), реализующий определенный механизм логического вывода, а также подсистемы приобретения и пополнения знаний; объяснения; диалога и взаимодействия с внешним миром.

Механизм логического вывода является ключевым элементом в структуре экспертной системы. Он реализует алгоритмы прямого и/или обратного вывода и формально может быть представлен в виде

$$\langle V, S, K, W \rangle,$$

где V — процедура выбора из базы знаний и рабочей памяти правил и фактов; S — процедура сопоставления правил и фактов, в результате которой определяется множество фактов, к которым применимы правила для присвоения значений; K — процедура разрешения конфликтов, определяющая порядок использования правил, если в заключении правила указаны одинаковые имена фактов с разными значениями; W — процедура, осуществляющая выполнение действий, соответствующих полученному значению факта (заключению правила).

База знаний предназначена для хранения долгосрочных фактов, описывающих рассматриваемую область; правил, описывающих отношения между этими фактами, и других типов декларативных знаний о предметной области.

В нее может входить и процедурная часть — множество функций и процедур, реализующих оптимизационные, расчетные и другие требуемые алгоритмы. Экспертные системы, относящиеся к интеллектуальным системам, основываются на знаниях наиболее квалифицированных специалистов (экспертов) о предметной области, что в итоге повышает качество врачебных решений.

При выработке врачебных решений относительно выбора оптимальной тактики лечения выявленных заболеваний пациентов перинатальных центров продукционная модель знаний, скорее всего, неприемлема. В этом случае целесообразно использовать нейросетевую модель, способную к самообучению. Большие объемы данных, проходящие через экспертную систему, при правильно построенной нейросети способствуют более качественному ее обучению. Таким образом, со временем нейросетевая модель будет адекватным представлением предметной области.

Для наполнения базы знаний СППР разрабатываемой системы необходим анализ патологий беременности, методов их диагностики (с решением задач оптимизации числа диагностических признаков) и лечения (коррекции здоровья), основанный на экспертных оценках.

Анализ заболеваний беременных, наблюдаемых в ГБУЗ ТО «Перинатальный центр», проведенный на основании обработки статистических материалов по Тюменской области за период 2007–2011 гг., позволил выделить заболевания щитовидной железы (ЩЖ) как наиболее значимые для региона патологии беременности [9].

Для решения задач интеллектуальной поддержки врача (осуществление диагностики и проведение коррекции заболевания) выявлены методы диагностики заболеваний ЩЖ, количественные значения диагностируемых показателей, оптимальные методы и схемы лечения. При этом проанализированы труды ведущих специалистов по заболеваниям ЩЖ (И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко, В.В. Фадеева, Н.А. Петуниной, А.В. Самойловой и др.) и рекомендации Российской ассоциации эндокринологов и эндокринологической ассоциации США [10, 11].

Конкретные рекомендации относительно численных значений диагностируемых параметров (на стадии диагностики) и схем коррекции заболеваний (на стадии выбора тактики лечения выявленных заболеваний) закладываются в модели, алгоритмы и базу знаний экспертной СППР.

Выводы

Таким образом, в настоящей работе предложен подход к реализации системы поддержки принятия врачебных решений в рамках разработки комплексной автоматизированной системы управления лечебно-диагностическим процессом в перинатальном центре на основе экспертных процедур. Рассмотрены общая структура системы, взаимосвязи ее компонентов; модели, используемые при ее разработке. Подобраны материалы для наполнения базы знаний экспертной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаренко Г.И., Гулиев Я.И., Ермаков Д.Е. Медицинские информационные системы: теория и практика / Под ред. Г.И. Назаренко, Г.С. Осипова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 320 с.
2. Рот Г.З., Фихман М. И., Шульман Е. И. Медицинские информационные системы: Учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. 70 с.

3. *Каталог «Медицинские информационные технологии [Электрон. ресурс].* Режим доступа: <http://www.armit.ru>.
4. *Таранов Ю.А., Борзых В.Э.* Разработка АСУ лечебно-диагностическим процессом в перинатальном центре // *Фундаментальные исследования.* 2009. № 9. С. 75–76.
5. *Таранов Ю.А., Борзых В.Э.* Разработка фреймворка для создания автоматизированных систем управления лечебно-диагностическим процессом // *Международ. журн. экспериментального образования.* 2012. № 6. С. 109–111.
6. *Таранов Ю.А.* Проектирование базы данных автоматизированной системы управления перинатальным центром // *Сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии — нефтегазовому региону».* Тюмень, 2012. С. 277–279.
7. *Экспертные системы: Принципы разработки и программирование: Пер. с англ.* 4-е изд. М.: И.Д. Вильямс, 2007. 1152 с.
8. *Программирование искусственного интеллекта в приложениях / М. Тим Джонс; Пер. с англ. А.И. Осипов.* М.: ДМК Пресс, 2006. 312 с.
9. *Таранов Ю.А., Борзых В.Э.* Разработка модуля «Мониторинг» АСУ перинатальным центром // *Современные наукоемкие технологии.* 2013. № 1.
10. *Диагностика и лечение заболевания щитовидной железы во время беременности и в послеродовом периоде: По материалам клинических рекомендаций эндокринологической ассоциации США / Пер. и коммент. В.В. Фадеева // Журн.-сайт Thyronet.* 2007. № 4 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://thyronet.rusmedserv.com>.
11. *Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Герасимов Г.А. и др.* Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике и лечению аутоиммунного тиреоидита у взрослых // *Мед. науч. и учеб.-метод. журн.* 2003. № 15. С. 134–137.

Yu.A. Taranov, V.E. Borzykh

A system of controlling treatment and diagnostic process at a prenatal centre with a support in taking decisions

The article presents an approach to developing an integrated ACS at prenatal centres, implementing a support system in taking medical decisions on the basis of expert systems. The authors consider programming techniques and technologies, as well as principles of creating expert systems used under the development of the ACS. Subject to development being charts of interrelations of the system's components. The paper gives an approach to formation of knowledge database of the said expert system.

Medical information systems, prenatal centre, pathologies of pregnancy, expert systems, knowledge databases.