

Ю.А. Таранов, В.Э. Борзых

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКОЙ ВРАЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Работа посвящена актуальной проблеме обеспечения информационной поддержки врача в перинатальном центре посредством разработки автоматизированной системы управления лечебно-диагностическим процессом с функцией поддержки принятия решений. Предложена структура АСУ, описаны технологии и методы программирования; выполнена программная реализация базовой части системы; определены функции и взаимосвязи компонентов системы, включая экспертную систему; составлены диаграммы взаимодействий. Выбраны модели для решения поставленной задачи; рассмотрен подход к проектированию нейросетевой модели на примере решения задач диагностики наиболее значимых для региона патологий беременности.

Медицинские информационные системы, перинатальные центры, экспертные системы, базы знаний, нейросетевые модели.

Постановка задачи

Для решения задач автоматизации деятельности лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) разрабатываются медицинские информационные системы (МИС) различного назначения. Как показывает анализ МИС [1, 2], большинство из них направлены на решение задач сбора и обработки первичных данных о пациентах и задач управления многопрофильными ЛПУ без учета их специфики. Отмечено также, что при их разработке уделяется недостаточное внимание реализации систем интеллектуальной поддержки врачебной деятельности.

В этой связи в настоящей работе поставлена задача создания АСУ для таких узкоспециализированных медицинских учреждений, как перинатальные центры, реализующей помимо стандартного набора функций МИС также и поддержку принятия решений для обеспечения оперативности и обоснованности принимаемых врачебных решений. Разработка имеет региональную направленность и ориентирована в первую очередь на ГБУЗ «Перинатальный центр» (г. Тюмень) и подведомственные ему ЛПУ юга области.

Решение задачи

Учитывая предъявляемые к современным МИС требования и тенденции их развития, система разрабатывается с использованием СПО (на базе Linux) и технологии «тонкий клиент». Она характеризуется наличием кроссплатформенного Web-приложения и имеет модульную структуру, что обеспечивает широкие возможности ее адаптации для любого медицинского учреждения соответствующего профиля.

Разрабатываемая информационная система представляет собой веб-приложение, состоящее из серверной части (веб-сервис), базы данных и клиентской части. При разработке частей системы использованы следующие технологии, приемы и методы программирования.

Веб-сервис представляет собой интерфейс взаимодействия с СУБД. Для реализации серверной части выбрана REST технология, что обеспечивает масштабируемость системы и позволяет ей эволюционировать с новыми тре-

бованиями. Таким образом, веб-сервис представляет собой RESTful-сервис, отвечающий всем требованиям технологии REST. Сервис предоставляет доступ к данным, хранящимся в СУБД, возвращая их в формате JSON. Обработка JSON-файлов производится в клиентской части приложения.

База данных для приложения спроектирована с использованием CASE-пакета ERWin Data Modeller и методологии IDEF1X [3,4]. Учитывая предлагаемый подход, можно выделить несколько ключевых моментов.

Во-первых, с точки зрения используемого фреймворка и учитывая, что обработка всех данных происходит на стороне клиента, практически нигде не используются даты (поля типа DATE, DATETIME, TIMESTAMP); вместо них приняты поля типа VARCHAR. Это связано, в основном, с тем, что типы представления дат в фреймворке DoJo и в MySQL не совпадают и для приведения типов требуются дополнительные действия.

Во-вторых, выборка данных из связанных таблиц даёт несколько значений — поле с суффиксом Raw (данные ключа, хранящиеся непосредственно в таблице) и поле без этого суффикса («расшифрованные» данные, с которыми создана связь). Например, если в таблице есть поле «organisationId», связывающее текущую таблицу с таблицей организаций, то при запросе, включающем в себя выборку организации из текущей таблицы, будут возвращены два поля — organisationIdRaw, имеющее численное значение атрибута, по которому производится связывание, и organisationId, имеющее JSON-структуру, содержащую все поля таблицы организаций, относящиеся к искомой организации.

Серверная часть для всех таблиц имеет схожую структуру. Например, формирование выборки данных о пользователях производится в следующей последовательности: подключение к СУБД с использованием драйвера MySQLi, основываясь на данных из конфигурационного файла; формирование запроса к СУБД; считывание результатов как ассоциативных массивов; сохранение данных в общий массив результатов выборки; формирование результирующего JSON-файла; отправка файла пользователю в виде MIME-типа «text/json». Обмен данными между всеми частями приложения происходит в кодировке UTF-8.

Клиентская часть системы основана на фреймворке DoJo версии 1.8.3 с реализацией модульного механизма работы. Модули в рамках системы называются «Компоненты». В разработке предусмотрена возможность активации и деактивации модулей с учетом специфики медицинского учреждения. Основой приложения является простой HTML-файл, подгружающий стили оформления, фреймворк DoJo и скрипт первоначальной инициализации компонентов.

Клиентская часть работает на основе технологии AJAX — асинхронного обмена данными с сервером, что делает приложение крайне отзывчивым и высокоскоростным.

При выборе системы поддержки принятия решений учитывали возможность реализации основных функций врача — постановка диагноза и определение тактики лечения пациента, а также большой накопленный опыт практикующих врачей и ведущих ученых в предметной области. Это предопределило использование экспертных систем (ЭС), позволяющих оценивать состояние пациента путем сравнения со стандартными ситуациями и обеспечивать помощь в постановке диагноза. Выбор тактики коррекции здоровья при этом осуществляется на основе рекомендаций, выработанных специалистами в своей области (экспертов). Граничные значения диагностируемых параметров

и выработанные экспертами схемы лечения закладываются в базу знаний ЭС. Взаимодействие врача с пациентом осуществляется посредством МИС с ее базой данных и с использованием базы знаний ЭС. Общая структура взаимодействий приведена на рис. 1.

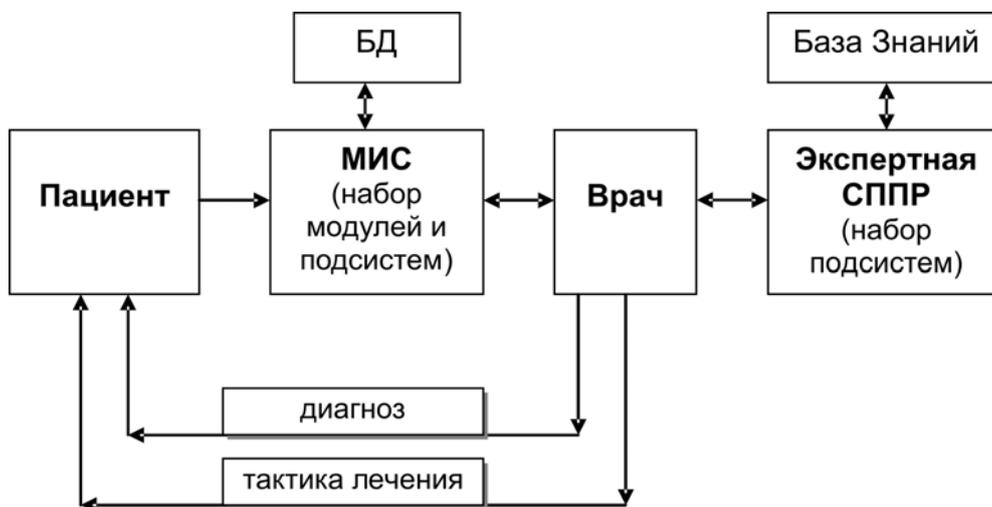


Рис. 1. Схема принятия решений с использованием разрабатываемой системы

МИС проектируется с возможностью обеспечения стандартных функций (регистрация, ведение электронной истории болезни, выдача направлений, формирование статистики и т.п.) и включает также подсистемы, обеспечивающие поддержку врачебной деятельности относительно постановки диагноза и принятия решений по тактике лечения. Реализацию стандартных функций МИС обеспечивают модули «Картотека пациентов», «История болезни» и «Лабораторные анализы и исследования», входящие в структуру лечебно-диагностического комплекса (ЛДК). Для реализации основных врачебных функций (диагностика и лечение) в структуре МИС предусмотрены подсистемы диагностики, поиска, назначения лечения, использующие возможности ЭС и взаимодействующие с ее подсистемами.

Подсистема диагностики использует возможности экспертной системы, предоставляемые ее подсистемой постановки диагноза. Подсистема поиска позволяет производить поиск по базе данных, по картотеке и по историям болезни. Она же используется при работе со словарями и справочниками. Подсистема назначения лечения использует два основных блока ЭС: подсистему оценки рисков и подсистему 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 имеет свою базу знаний (БЗ) и включает подсистемы постановки диагноза, оценки риска, определения вариантов лечения. Подсистемы ЭС используются подсистемами МИС — подсистемами диагностики и назначения лечения.

Подсистема постановки диагноза позволяет определить возможные диагнозы на основе информации о пациенте, взятой из его истории болезни и ЛДК. Подсистема использует базу знаний, составленную с использованием опыта и

знаний квалифицированных экспертов, предоставляя тем самым объективный подход к диагностике. Подсистема оценки рисков использует базу знаний для определения противопоказаний и выработки оптимальной тактики 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, т.е. позволяет сформировать наиболее эффективную тактику лечения.

Диаграмма взаимодействия компонентов разрабатываемой системы представлена на рис.2.

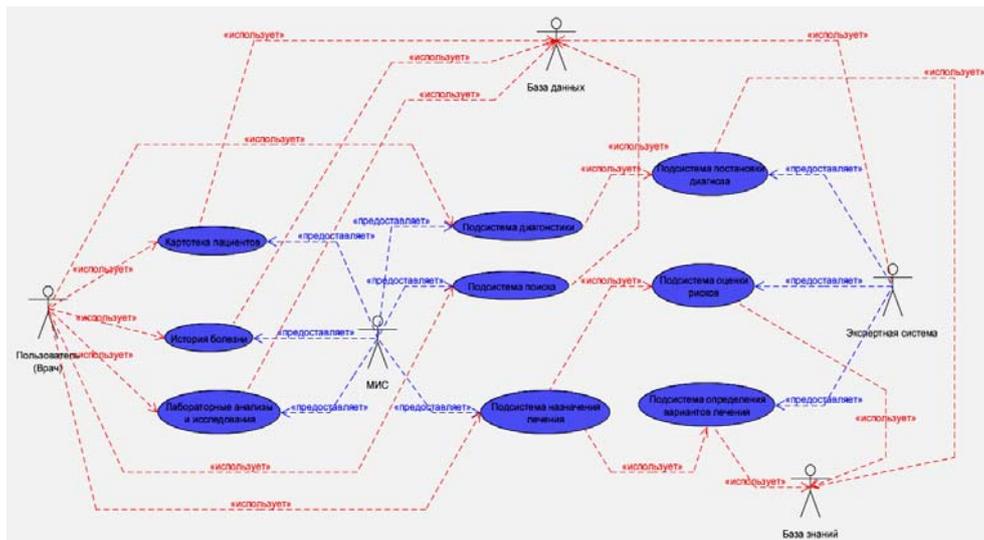


Рис. 2. Диаграмма взаимодействия компонентов системы

Для реализации основных функций ЭС можно использовать различные модели представления знаний. В медицинских системах, как показывает анализ литературы, преимущественно используются продукционные и нейросетевые модели. В рамках данной работы предпочтение отдается способным к самообучению нейросетевым моделям. Применительно к медицинской диагностике они дают возможность повысить точность и быстроту постановки диагноза и выбора тактики лечения, опираясь на большое число различных факторов (состояние больного, имеющиеся данные о симптомах и признаках заболевания; результаты лабораторных анализов, общий объем медицинской информации о наблюдении таких симптомов при различных заболеваниях).

Учитывая региональную направленность системы, предварительно был проведен анализ заболеваний пациентов перинатального центра для юга Тюменской области, в результате которого выделены заболевания щитовидной железы (ЩЖ) как наиболее значимые для региона патологии беременности [5].

В этой связи рассмотрим возможности использования нейросетевых технологий и дискриминантного анализа в задачах медицинской диагностики на примере задачи дифференциальной диагностики патологий щитовидной железы у беременных на территории юга Тюменской области. Задача заключается в построении модели диагностики, т.е. построении решающего правила для отнесения i -го объекта ($i = 1...m$) (пациента) с определенным набором

признаков j ($j = 1 \dots n$) к одному из имеющихся классов y_i ($i = 1 \dots k$) (диагнозов) и сводится, таким образом, к решению задачи классификации.

Задача классификации представляет собой задачу отнесения образца к одному из нескольких попарно не пересекающихся множеств. При ее решении необходимо отнести имеющиеся статические образцы (в частном случае — результаты лабораторных анализов, аппаратных методов диагностики и визуального осмотра) к определенным классам. При этом возможно несколько способов представления данных. В нашем случае для построения модели дифференциальной диагностики заболеваний ЩЖ предложено использовать многослойный персептрон, применяющийся, в частности, для решения задач прогнозирования, когда экспертная оценка уже содержится в исходных данных и может быть выделена при их обработке. На практике наиболее часто используется двухслойный персептрон, схема которого представлена на рис. 3 [6].

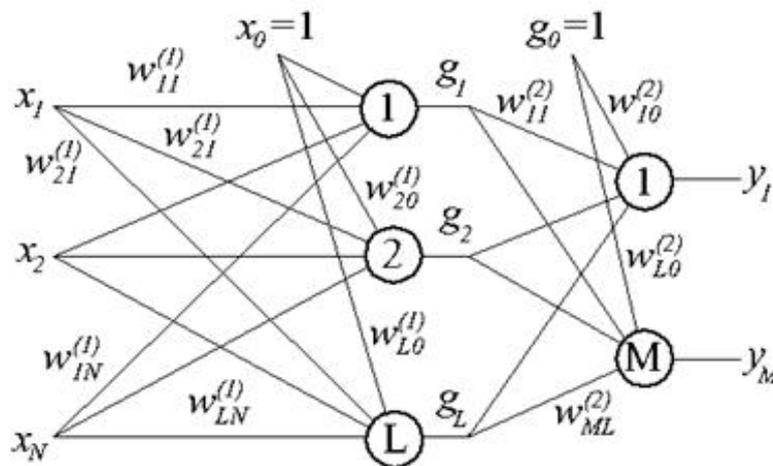


Рис. 3. Структурная схема двухслойного персептрона:
 $g_i, i=1, 2, \dots, L$ — выходные сигналы первого слоя нейронов;
 верхние индексы в скобках (m), $m = 1, 2$ — номер слоя нейрона

По отношению к сигналам ИНС (а не к нейронам) представленная сеть является трехслойной: входные сигналы сети — x_1, x_2, \dots, x_N составляют входной слой, выходные сигналы первого нейронного слоя — g_1, g_2, \dots, g_L образуют первый скрытый слой, а выходные сигналы y_1, y_2, \dots, y_M — выходной слой. Для обозначения структуры сети используется кодировка в виде « $N-L-M$ ». Выходы нейронов последнего слоя описывают результат классификации.

Построение нейронной сети, как известно, осуществляется в несколько этапов, наиболее сложным и емким из которых является сбор и подготовка данных для обучения; при этом исходные данные должны быть преобразованы к виду, пригодному для подачи на входы сети.

Анализ работ ведущих специалистов по заболеваниям ЩЖ, а также рекомендации Российской ассоциации эндокринологов, Эндокринологической ассоциации США и Американской тиреоидной ассоциации [5] позволили выявить численные значения диагностируемых показателей и критерии диагностики для наиболее распространенных заболеваний ЩЖ при беременности. Эти данные можно считать достаточно репрезентативными, отражающими истинное положение вещей в предметной области и пригодными в качестве обучающей выборки при проектировании сети на следующем этапе исследований.

Таким образом, в работе предложена структура автоматизированной системы управления лечебно-диагностическим процессом в перинатальном центре, обеспечивающая интеллектуальную поддержку врачебной деятельности; определены функции и взаимосвязи компонентов системы; выполнена программная реализация базовой части системы; выбраны модели для решения поставленной задачи; рассмотрен подход к проектированию нейросетевой модели на примере решения задач диагностики наиболее значимых для региона патологий беременности.

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. Каталог «Медицинские информационные технологии // сайт АРМИТ [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.armit.ru/catalog/index.php>.
3. 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: ТюмГНГУ, 2012. С. 277–279.
4. Таранов Ю.А. Разработка модульной информационно-аналитической АСУ для перинатальных центров. // Физико-математические науки и информационные технологии: теория и практика: Материалы междунар. заочной науч.-практ. конф. (26 ноября 2012 г.) Новосибирск: Изд-во СибАК, 2012. С. 35–42.
5. Таранов Ю.А. Анализ значимых факторов при разработке системы поддержки принятия решений в перинатальном центре для юга Тюменской области // Фундаментальные исследования. 2013. № 4 (ч. 3). С. 602–607.
6. Макарова Л.С., Берестнева О.Г., Семрякова Е.Г. Математические методы в задачах медицинской диагностики // Фундаментальные исследования. 2012. № 4 (ч. 3). С. 602–607.

U.A. Taranov, V.E. Borzych

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM FOR MEDICAL INSTITUTIONS WITH INTELLECTUAL SUPPORT OF PROFESSION OF A PHYSICIAN

This article is about the actual problem of providing information support for doctors in the perinatal center. One of possible solutions is the development of an automated control system (ACS) for treatment and diagnostic with functions of decision support. In the article with the help of interaction diagrams there are described the structure of ACS, technologies and programming techniques, the base system implementation, functions and inter-relationships of system components, including the expert system. There are considered the approaches of model choosing and neural network design for prediction of the most important pregnancy pathologies of the region.

Medical information systems, perinatal centers, expert systems, knowledge bases, neuronetwork models.