

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ В ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Крошилин А.В., Крошилина С.В., Жулёва С.Ю.

ГОУ ВПО Рязанский государственный радиотехнический университет, Рязань, Россия (390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1), e-mail: asak_kasa@mail.ru

Излагается методика проектирования систем медицинского назначения для осуществления поддержки принятия медицинских решений в условиях неполноты и нечеткости априорной информации для выработки рекомендаций согласно сложившейся ситуации медико-технологического процесса в целом на основе различных источников информации. Приведена общая схема построения медицинских экспертных систем смешанного типа для осуществления поддержки принятия медицинских решений в условиях неопределенности в учреждениях медицинского направления. В статье излагаются особенности построения медицинских баз знаний, приведены пример построения правил и осуществления логического вывода в таких системах, выбора курса лечения пациента и предоставления ранжированного списка рекомендаций. Отражены этапы построения медицинской базы знаний, последовательности действий эксперта при работе с медицинской базой знаний и врача-пользователя. Для построения системы использовалась семантическая сеть. Предложенные подходы могут быть адаптированы под разные предметные области.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, медицинские базы знаний, экспертные системы, системы медицинского назначения.

FORMATION OF THE KNOWLEDGE BASE IN EXPERT SYSTEMS OF MEDICAL APPOINTMENT

Kroshilin A.V., Kroshilina S.V., Zhuljova S.Y.

The Ryazan state radio engineering university, Ryazan, Russia (390005, Ryazan, str. Gagarina, 59/1), e-mail: rgrta@rgrta.ryazan.ru

The technique of design of systems of medical appointment for implementation of support of adoption of medical decisions in the conditions of incompleteness and an illegibility of aprioristic information for development of recommendations according to current situations of medico-technological process in general on the basis of various sources of information is stated. The general scheme creation of medical expert systems of the mixed type for implementation of support of adoption of medical decisions in the conditions of uncertainty is provided in establishments of the medical direction. In article features of creation of medical knowledge bases are stated, the example of construction governed also implementation of a logical conclusion in such systems. The example of a choice of a course of treatment of the patient and submission of the ranged list of the recommendation is given. Stages of creation of the medical knowledge base, sequence of actions of the expert during the work with the medical knowledge base and the doctor user. For creation of system the semantic network was used. The offered approaches can be adapted under different subject domains.

Keywords: systems of decision making support, medical knowledge bases, expert systems, medical purpose systems.

Современные медицинские учреждения в своей работе используют различные автоматизированные информационные системы, позволяющие накапливать и хранить большие объемы информации, в том числе медицинской информации, которая может быть использована при создании экспертных систем (ЭС) медицинского назначения. Однако до сих пор несмотря на значительные наработки в области ЭС, формализация знаний и процесс формирования базы знаний в области медицины являются затруднительным в связи с неполнотой и нечеткостью исходной информации, а также нечеткостью достигаемых целей [2, 4].

В связи с этим задача, направленная на преодоление этих сложностей и формирование

базы знаний в экспертных системах медицинского назначения для автоматизированной системы поддержки принятия медицинских решений (СППМР), является актуальной.

Целью исследования является создание концепции разработки и формирования экспертной системы на основе базы знаний, а также принципов проектирования и заполнения базы знаний медицинской информации в системах поддержки принятия медицинских решений с применением теории нечеткой логики.

В основу создания СППМР, помимо накопленных результатов, могут быть положены результаты работы различных медицинских приборов для осуществления сбора большого набора медицинских данных. В настоящее время для аппаратуры, аккумулирующей данные медико-технологических процессов, достигнуто оптимальное сочетание точности, качества и отображения результатов наблюдений пациентов, что позволяет врачам оценивать влияние примененной схемы лечения на организм пациента и накапливать информацию для формирования представления о «новых течениях болезней» [3, 4].

К настоящему моменту собраны серьезные результаты, которые могут быть взяты за основу при создании такого рода интеллектуальных медицинских систем, в первую очередь, сформулированные в концептуальной модели медицинского контроля, базирующегося на принципе снижения времени проведения и повышения качества и достоверности результатов профилактических и лечебно-диагностических мероприятий [4].

Для болезней, течение которых на данный момент плохо изучено, поскольку протекают они по совершенно иным законам, создается обширная медицинская БЗ (МБЗ), которая помогает врачам-пользователям оценивать характер их влияния на организм пациента и на этой основе поэтапно формировать представления о «новых течениях болезней». В связи с этим создаются информационно-решающие системы, предназначенные для сбора и обработки данных, накопленных из различных профилактических и лечебных процессов, начиная с самых первых в учетной программе – это регистрация историй болезней.

Рассмотрим основные задачи медицинской профилактики и лечения заболеваний: мониторинг состояния здоровья пациента; лечение выявленного заболевания пациента; решение медицинских и физиологических проблем; обеспечение психологической устойчивости пациента; формирование здоровой среды пребывания пациента.

Помимо анализа медицинской информации, полученной с различной медицинской аппаратуры, с точки зрения обработки информации медицинский контроль связан с решением задач распознавания изображений, получаемых медицинской аппаратурой, существует необходимость оперативного принятия медицинских решений врачом. Разработка медицинских экспертных систем (МЭС) в настоящее время имеет определенную технологию и включает следующие этапы: а) идентификация, б) концептуализация, в) формализация, г) выпол-

нение, д) тестирование системы; е) опытная эксплуатация системы (рис. 1).

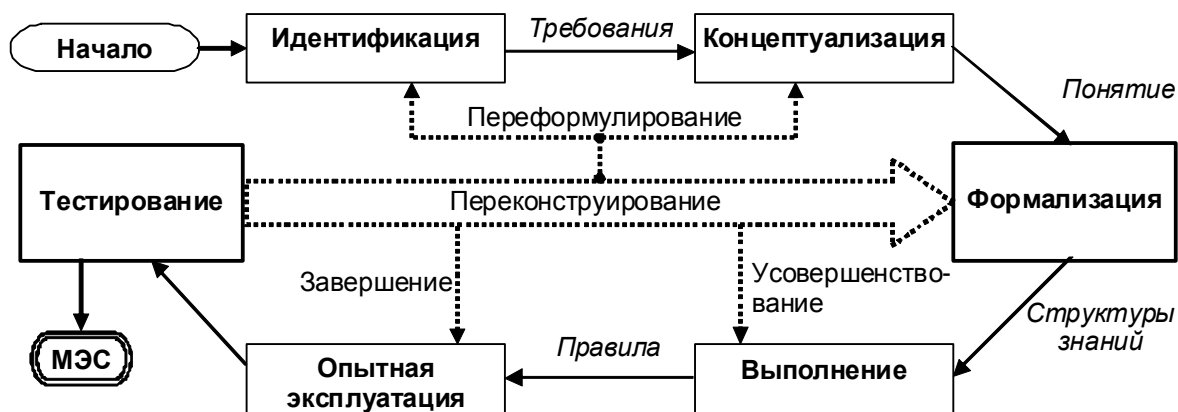


Рис.1. Обобщенная схема разработки МЭС

Существуют два подхода к пониманию сущности оценки медицинского решения (знания): 1) ЭС, разработанные на принципах теории искусственного интеллекта, когда в клиническом опыте доминируют дедуктивные компоненты; 2) МБЗ, которые формируются на основе эмпирических данных (ЭД), их методология базируется на теоретических основах распознавания образов и теории построения систем. Рассмотрим эти подходы более подробно. Медицинские решения в системах первого вида – набор логических правил вида *IF...THEN...ELSE*, определяемых специалистами по инженерии знаний совместно с врачами-экспертами (рис. 2). При таком подходе уровень принимаемых медицинских решений не может быть выше уровня знаний врача-эксперта. Врач-пользователь при такой организации системы не может усилить ее эффективность, поскольку ЭС работает уже со сформированной базой знаний и ограничена возможностями этой БЗ. В системах второго вида основное экспертное знание (медицинское решение) строится на данных истории болезни и задачах, формулируемых на языке базы данных, и хранится в эмпирической базе данных (ЭБД) (рис. 2). В интеллектуальной системе, построенной по данному принципу, достижение цели решающим образом зависит от того, насколько эффективно происходит извлечение информации из данных истории болезни и методов лечения.

Был сделан вывод, что для МЭС наиболее подходит гибридная схема (рис. 2), которая была спроектирована и реализована [5].

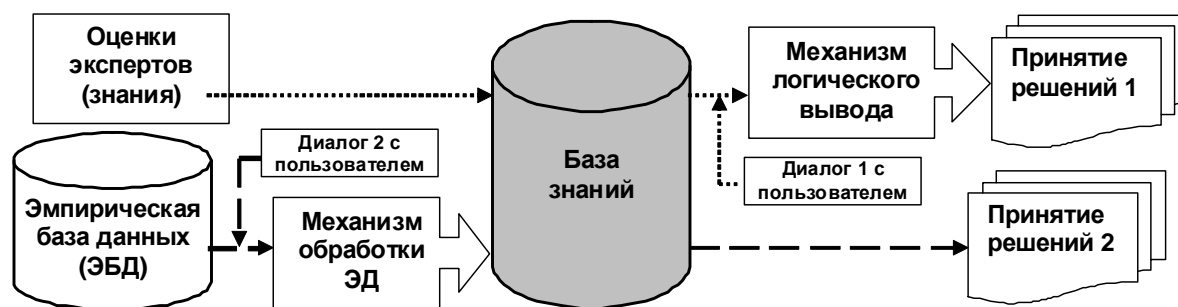


Рис.2. Схема смешанного построения ЭС, основанной на знаниях экспертов и на знаниях, извлекаемых из эмпирических данных

Разработанная система [1, 6] позволяет производить интервьюирование эксперта, структурирование и формализацию знаний с заполнением МБЗ, учитывать неформальные аспекты экспертных знаний. С помощью разработанной подсистемы предоставляется возможность создавать, изменять и тестировать экспертные МБЗ, построенные с использованием нечетких семантических сетей [5]. Построение МБЗ осуществляется поэтапно: описание основных ограничений предметной области (ПрО); определение и ввод понятий и отношений между ними; ввод множества ситуаций и множества рекомендаций, определение принадлежащих им понятий; определение ситуаций (или множества понятий) для выбора рекомендации; определение значимости понятий. Действия врача-пользователя заключаются в: выборе варианта течения болезни; указании диагноза пациента (заполнение информации о пациенте происходит автоматически по сведениям, имеющимся в системе, при необходимости часть данных уточняется); выборе рекомендаций из предложенного списка для ситуации и указании системы оценок его полезности; осуществлении выбора ситуации для дальнейшего анализа курса лечения пациента.

При создании записей в МБЗ необходимо ввести название модели ПрО, соответствующее курсу лечения при установленном первичном диагнозе пациента и хранящееся в МБЗ. Эту функцию выполняет эксперт. Названия моделей ПрО соответствуют кодировке и названию диагнозов, а также номеру назначаемого курса. Для каждой модели описывается иерархия ситуаций, в основу которой положена разработанная семантическая сеть [5]. После определения названия модели ПрО курса лечения при установленном первичном диагнозе и составления иерархии ситуаций для рассмотрения и выдачи рекомендаций эксперт вводит перечень понятий, которые описываются, определяются или используются в данной модели. Затем из данного перечня по каждой ситуации для рассмотрения составляется список понятий. При вводе понятий определяются отношения между понятиями, которые устанавливают зависимость понятий или меру степени близости, в которой они дополняют друг друга. Например, в процессе создания модели ПрО «к2_A15.2_Туберкулёз легких, подтвержденный гистологически» было выделено 186 понятий [1, 5].

Структура используемой МБЗ – семантическая сеть, которая состоит из узлов и дуг, связывающих узлы. Узел – ситуация развития курса лечения пациента для рассмотрения и рекомендация по её разрешению, а дуги – это отношения между ситуациями, а также отношение между ситуациями и рекомендациями, найденными согласно ситуациям. Каждая ситуация семантической сети – структура, содержащая информационную часть и список понятий, описываемых или используемых в информационной части рекомендации.

Например, если рассмотреть ПрО курса лечения № 2 при установленном первичном диагнозе А15.2, которая описывает курс лечения, то в качестве информационных частей ис-

пользуются содержания ситуаций для выбора рекомендаций: «МБТ», «Устойчивость к препаратам I группы» и заголовки рекомендаций согласно этим ситуациям: «Выделение МБТ прекратилось»; «Назначить курс препарата II группы». Каждая информационная часть описывает или использует свои понятия. Например, информационная часть «Устойчивость к препаратам I группы» использует следующие понятия: «препарат», «МЛУ», «I группа МЛУ», «анализ», «доза препарата», «схема применения препарата» и др.

При создании модели анализируемой ситуации определяются не только информационная часть и список понятий, а также отношения между понятиями и информационной частью, которые описываются или используются ею. При этом происходит определение входных и выходных понятий для информационной части, то есть понятий, которые определяются выданными рекомендациями, и понятий, через которые определяются выходные понятия.

Для построения правил в подсистеме эксперт [6] выбирает модель ПрО. После чего выбирается из списка понятий, предназначенных для описания ситуаций, определенных заранее для конкретной модели, понятие, для которого задаются интервалы значений курса лечения пациента (значения формализованы, в простейшем случае «да» – это «1», «нет» – это «0»). В зависимости от описываемой модели ПрО интервальные значения понятий курса лечения пациента могут принимать разные значения. Комплекс ассоциативных правил формируется в зависимости от выбранных интервалов и состоит из последовательности: список «Значение для понятия» используется для выбора из него требуемого интервала значений, после чего, используя операции AND или OR, добавляются следующий интервал и т.д.; ситуация выбирается экспертом из списка «Ситуативные понятия» по описанному правилу (рис. 3).

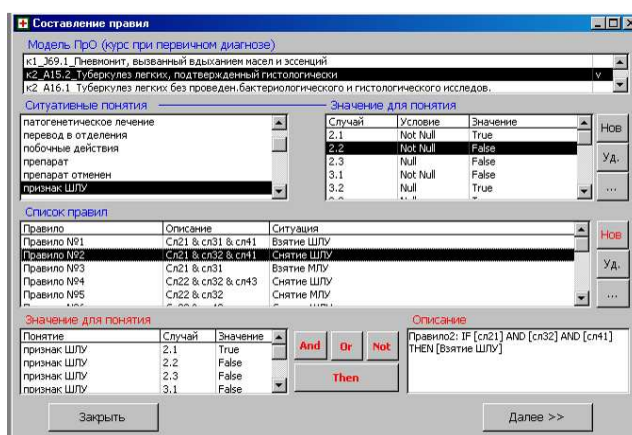


Рис.3. Составление правил экспертом

Выбор курса лечения пациента в подсистеме происходит следующим образом. Для получения рекомендации необходимо выбрать существующую модель курса лечения при установленном первичном диагнозе или создать новую модель. После определения этой модели формируется запрос на выбор рабочей модели ПрО (курса при первичном диагнозе) и

модели ПрО для конкретного пациента. Затем выполняется выбор ситуации для проведения анализа и задание множества понятий, входящих в данную ситуацию. Пользователь может ввести набор понятий для анализа, тогда система предоставит ему наиболее подходящие для анализа ситуации. Система предоставляет список ранжированных рекомендаций, полученных для ситуаций, хранящихся в МБЗ, а также схожие ситуации для анализа. Из модели ПрО выбранные рекомендации исключаются и добавляются в модель пациента. В зависимости от результата выбора изменяется значимость понятий для модели курса лечения пациента.

Таким образом, подсистема дает рекомендации по выбору курса лечения в виде ранжированного списка в убывающем порядке. Пользователь-врач имеет возможность выбрать любой из предложенных курсов лечения. По каждому курсу имеется описание. Кроме этого, пользователю будет представлен ранжированный список возможных ситуаций выбранного курса лечения и набор рекомендаций по их решению. Если курс новый, то описание по нему будет составлено по завершении курса лечения и добавлено в базу знаний.

Группа экспертов при настройке и тестировании подсистемы дала оценку ее работы: в большинстве случаев суммарное количество предложенных рекомендаций для каждой конкретной ситуации достаточно для нахождения правильного решения, подсистемой предоставляются широкие возможности варьирования ситуацией в целях последующей коррекции схемы лечения. Анализ полученных рекомендаций по всем рассмотренным ситуациям позволил произвести оценку их достоверности, которое составило 86 %, что является достаточно хорошим результатом с учетом постоянного совершенствования системы (в нее добавляются новые курсы, ситуации и рекомендации, описываются новые понятия).

Заключение

Сформирована концепция разработки и формирования экспертной системы на основе медицинской базы знаний. Приведены принципы проектирования и заполнения базы знаний медицинской информации в системах поддержки принятия медицинских решений, применяя теорию нечеткой логики для выбора и корректировки курса лечения пациента.

Показано, что посредством создания экспертных систем смешанного типа, объединяющих в себе элементы нечеткой логики, возможно разработать эффективные методы автоматизированного анализа объективных, субъективных, расчетных и статистических данных медико-технологического процесса.

Построена база знаний, экспертная система и разработана новая СППМР [1, 6]. Система успешно применяется в нескольких лечебных учреждениях г. Рязани (3 учреждения) и Рязанской области (3 учреждения). Во время адаптации и настройки информационной системы в ГБУ РО ОКПТД был осуществлен эксперимент, в рамках которого была проведена апробация разработанных подходов к выработке медицинских решений использованного в

эксперименте оборудования, накоплены статистические данные, а также результаты полученных медицинских анализов, проведена проверка достоверности рекомендаций, формируемых СППМР.

Список литературы

1. Виноградова Л.И., Крошилин А.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2010613280. Система поддержки принятия решений на основе нечеткой логики «Stacionar» ver. 5.4, зарегистрирована в реестре программ для ЭВМ 2010.
2. Долженко Е.Н., Жулева С.Ю., Крошилин А.В., Пылькин А.Н. Поддержка принятия решений на основе нечеткой логики в системах медицинского назначения // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2015. – №7. – С. 60-70.
3. Долженко Е.Н., Крошилин А.В., Крошилина С.В. Построение методики автоматизированной оценки состояния здоровья пациента // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6 (часть 1). – С. 128-132.
4. Крошилин А.В., Крошилина С.В., Пылькин А.Н. Глава 2. Автоматизированная информационная система медицинского учреждения на основе нечеткой логики «Эксперт» // Математические и компьютерные методы в медицине, биологии и экологии: коллективная монография. – Вып. 3. – Пенза: Приволжский дом знаний; М.: МИЭМП, 2014. – С.31-39.
5. Крошилин А.В., Крошилина С.В., Пылькин А.Н. Построение систем поддержки принятия решений с применением нечетко-множественного подхода // Известия высших учебных заведений. Основные проблемы полиграфии и издательского дела. – 2012. – № 5. – С. 109-117.
6. Крошилин А.В., Крошилина С.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2013611665. Программный комплекс управления базой данных статистической информации для систем поддержки принятия решений «Эксперт» ver. 1.27, зарегистрирована в реестре программ для ЭВМ 2013.

Рецензенты:

Пылькин А.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Вычислительной и прикладной математики» ФГБОУ ВПО «РГРТУ», г. Рязань;

Овечкин Г.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Вычислительной и прикладной математики» ФГБОУ ВПО «РГРТУ», г. Рязань.