

УДК 004.891

Автоматизированные экспертные системы. Применение в медицине

*Гарина И.О., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы обработки информации и управления»*

*Смирнов Р. М., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы обработки информации и управления»*

*Научный руководитель: Черненький М. В., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
chernen@bmstu.ru*

Эволюция информационных технологий и систем в большей степени определяется их интеллектуализацией. Интеллектуальные информационные технологии — одна из наиболее перспективных и быстро развивающихся научных и прикладных областей информатики. Она оказывает существенное влияние на все научные и технологические направления, связанные с использованием компьютеров, путем расширения круга задач, решаемых с помощью компьютеров и повышения уровня интеллектуальной информационной поддержки специалиста.

Интеллектуальная информационная система (ИИС) – это информационная система, которая основана на концепции использования базы знаний для генерации алгоритмов решения задач различных классов в зависимости от конкретных информационных потребностей пользователей.

Система считается интеллектуальной, если в ней реализованы три базовые функции:

1. Функция представления и обработки знаний. Интеллектуальная система должна быть способна накапливать знания об окружающем мире, классифицировать и оценивать их с точки зрения прагматики и непротиворечивости, соотносить новые знания со знаниями, хранящимися в базе знаний. Эта функция решает задачи интерпретации данных, диагностики и мониторинга.

2. Функция рассуждения. Интеллектуальная система должна быть способна формировать новые знания с помощью логического вывода и механизмов выявления закономерностей в накопленных знаниях, получать обобщенные знания на основе

частных знаний и логически планировать свою деятельность. Эта функция решает задачи моделирования, планирования, прогнозирования и управления.

3. Функция общения. Интеллектуальная система (ИС) должна быть способна общаться с человеком на языке, близком к естественному языку и получать информацию через каналы, аналогичные тем, которые использует человек при восприятии окружающего мира. Эта функция решает задачу поддержки принятия решений.

К ИИС относятся экспертные системы (ЭС). Главное отличие ЭС от систем обработки данных состоит в том, что в них используется символьный, а не числовой способ представления данных, а в качестве методов обработки информации применяются процедуры логического вывода и эвристического поиска решений. ЭС охватывают самые разные предметные области, среди которых лидируют бизнес, производство, медицина, страхование, проектирование и системы управления.

Результатом развития экспертных систем стало появление систем поддержки принятия решений (СППР). СППР возникли в результате слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных. Целью СППР является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях, для полного и объективного анализа предметной деятельности.

Такие системы давно существуют в разных сферах деятельности. Например, для врачей книжные шкафы со справочниками и историями болезней пациентов являются своего рода экспертными системами поддержки. Только всю работу по поиску информации, сопоставлению фактов и хранению в памяти многочисленных сведений выполняет сам врач.

Сегодня СППР используют всю мощь информационно-коммуникационных технологий для того, чтобы обработать огромные массивы информации и дать лицу, принимающему решение, (ЛПР) самую необходимую информацию. Более того, СППР в обязательном порядке имеют функцию по объяснению того, как были получены предлагаемые ею результаты.

Одной из отличительных черт СППР является наличие «дружественного» человеко-машинного интерфейса, обеспечивающего удобную связь пользователя с системой. Это свойство СППР приобрело вследствие частого возникновения проблем с информационной перегруженностью ЛПР, учетом противоречивых оценок по многим критериям и выявлением предпочтений ЛПР. Для разрешения этих проблем необходимы использование современных методов принятия решений и разработка специальных средств общения человека и ЭВМ.

Таким образом, в СППР объединяются на общей основе подходы, характерные для следующих направлений исследований:

- Принятие решений;
- Извлечение и представление знаний;
- Построение человеко-машинных (диалоговых) систем.

Взаимодействие этих направлений делает СППР качественно новым средством для принятия решений.

В итоге, СППР можно определить, как человеко-машинную систему, которая позволяет ЛПР использовать данные, знания, объективные и субъективные модели для анализа и решения проблем.

В качестве примера рассмотрим возможность создания СППР в медицинском учреждении.

Медицинские СППР создаются на основе экспертных знаний, медицинской литературы и накопленного врачебного опыта и призваны служить помощником при диагностике и выборе тактики лечения заболевания. При этом именно разница в квалификации определяет степень реальной поддержки в принятии врачебных решений. Диагностические системы используют предварительно разработанную экспертом структуризацию предметной области: набор симптомов, характеризующий определенную группу заболеваний с возможными значениями этих симптомов. В результате совместной работы специалиста по построению баз знаний и опытного врача-эксперта создается база знаний. Иными словами, при наличии определенной совокупности данных, характеризующих состояние пациента, медицинская СППР может помочь врачу в постановке диагноза и указать возможные пути лечения болезни. Концептуальная модель, соответствующая такой системы, представлена на рис. 1.

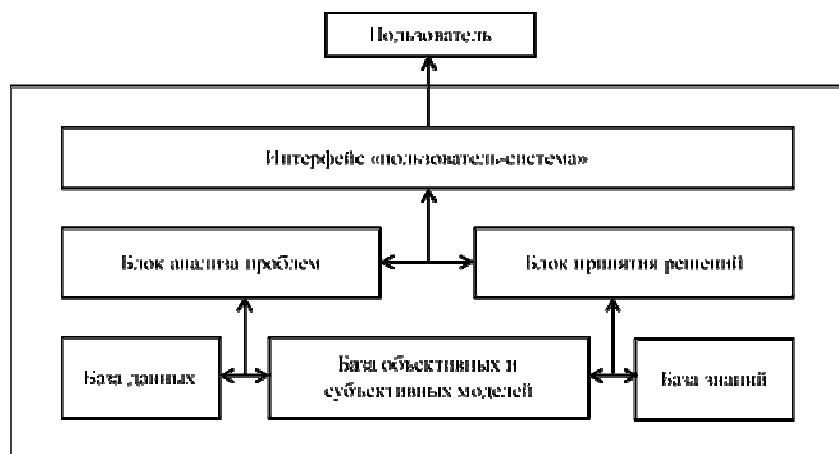


Рис. 1. Концептуальная модель СППР

Блоки анализа проблем и принятия решений включают в себя процедуры и методы, позволяющие сформулировать поставленную проблему с помощью баз данных (БД), моделей (БМ) и знаний (БЗ), проанализировать возможности ее решения и получить результат. Интерфейс «пользователь-система» содержит средства для генерации и управления диалогом.

Медицинская информация имеет свою специфику, и рост количества данных сопровождается определенными проблемами. Перечислим некоторые из них:

- существует и продолжает появляться большой объем научной информации на бумажных носителях в виде статей, монографий и сборников, и врачи не в состоянии справиться с таким объемом информации. Ежегодно публикуется около 2 млн. статей в 40 тыс. биомедицинских журналах;
- для лечения больных используют значительное количество лекарственных препаратов, имеющих противопоказания, побочные действия, сложные взаимодействия с другими препаратами, определенные дозировки и схемы применения;
- в лечебно-профилактические учреждения (ЛПУ) внедряются современные компьютеризованные медицинские приборы и следящие системы, а также средства передачи и хранения потоков информации, что приводит к необходимости обрабатывать и хранить большое количество цифровой информации;
- медицина перегружена необходимостью составления и дублирования различного рода бумажной документации;
- создаются и функционируют различные электронные ресурсы: специализированные сайты для врачей, электронные каталоги, журналы, также содержащие большие объемы информации.

Однако медицинские системы имеют ряд отличий от технических или экономических систем, что создает дополнительные сложности при разработке:

- человеческий организм является в высшей степени сложной функциональной системой и, несмотря на современный уровень развития медицинской науки, о работе и взаимосвязи систем человеческого организма, мы знаем все же мало;
- медицинские знания обладают весьма сложной структурой, что затрудняет их формализацию;
- не разработаны гибкие и легко используемые компьютерные методы машинного представления медицинских знаний, а также отсутствует формализация процедуры принятия решений;

- О детальная номенклатура признаков и симптомов, форматы для регистрации данных, а также организация записей определяются индивидуально;
- О отсутствует стандартизация в терминологии, формате, шкалах измерения медицинских данных.

Исходя из специфики предметной области, для построения СППР выберем архитектуру на основе трехуровневого хранилища данных.

Такие СППР применяют хранилище данных, из которого формируются витрины данных, используемые группами пользователей, решающих сходные задачи. Таким образом, обеспечивается доступ как к конкретным структурированным данным, так и к единой консолидированной информации. Наполнение витрин данных упрощается ввиду использования проверенных и очищенных данных, находящихся в едином источнике. Такие СППР отличает гарантированная производительность. Описанная архитектура представлена на рис. 2.

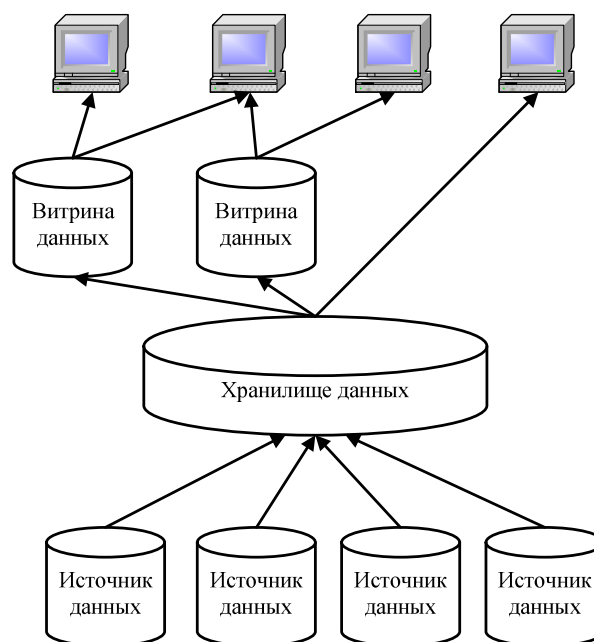


Рис. 2. СППР на основе трехуровневого хранилища данных

В условиях неполноты и нечеткости предметной области применим семантические сети для разрабатываемой системы поддержки принятия решений на основе нечеткой логики (НЛ). Использование СППР НЛ для решения объемных, трудно формализуемых задач в различных предметных областях характеризуются, как правило, отсутствием или сложностью формальных алгоритмов решения, неполнотой и нечеткостью исходной информации, нечеткостью достигаемых целей. Эти особенности приводят к необходимости использования в процессе решения данных задач знания человека-

эксперта в предметной области. На основании полученных знаний разрабатываются системы поддержки принятия решений, осуществляющие сбор и управление этими знаниями.

На основе знаний экспертов, накопленных в системе, строится гипотеза анализ проблемной ситуации, и формируются конкретные рекомендации по ее решению. Семантическая сеть отражает смысловую взаимосвязь между проблемными ситуациями, а точнее, понятиями, включенными в них.

Отличительной особенностью СППР НЛ является использование семантической сети для описания предметной области (ПрО). В основе семантической сети лежит универсальная алгебра, описанная в формуле (1):

$$A = \langle S, O, R \rangle, \quad (1)$$

где S – множество семантических сетей, представляющих модели ПрО; O – множество операций на S ; R – множество отношений на S .

В разрабатываемой СППР НЛ семантическая сеть, соответствующая модели ПрО, задается как двойка по формуле (2):

$$S = \{G, U\}, \quad (2)$$

где G – множество объектов ПрО (ситуации для рассмотрения и рекомендации); U – множество дуг, связывающих объекты ПрО.

Каждая дуга показывает взаимосвязь объектов или отношений между ними, а также взаимосвязь объектов и рекомендаций для ПрО. На рис. 3 приведен пример семантической сети, где $\{G_1, \dots, G_5\}$ – множество объектов, U_{ij} – связи между i -тым и j -тым объектами.

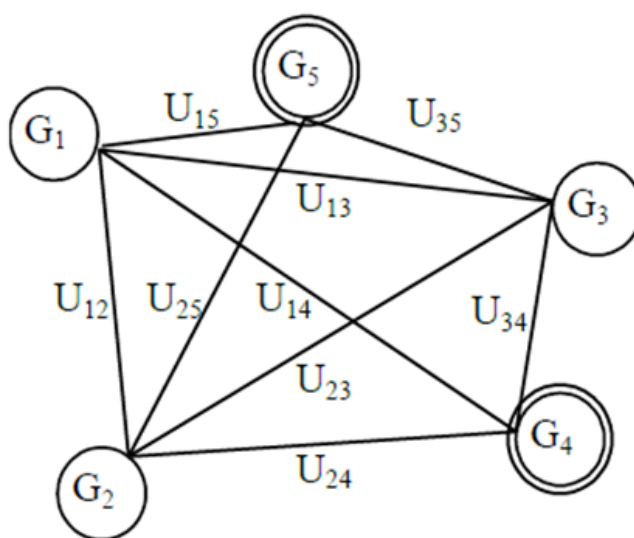


Рис. 3. Семантическая сеть

Разработка интеллектуально-вычислительной части СППР включает в себя несколько этапов:

О первый этап – анализ проблемы: включает осмысливание медицинской проблемы, связанной с некоторым заболеванием, ее структуризацию, изучение взаимосвязи с другими болезнями, оценку полноты и достоверности информации по данной проблеме, создание базы данных информационных ресурсов;

О второй этап – формулирование целей и задач: предполагает определение глобальной цели – излечение больного от конкретного заболевания или совокупности заболеваний, выработку целей и задач предполагаемых медицинских мероприятий для достижения глобальной цели;

О третий этап – определение критериев: формирует условия, при которых можно утверждать о достижении цели, т.е. успешном излечении больного или улучшении состояния его здоровья;

О четвертый этап – формирование множества альтернатив: групп однородности больных по степени тяжести заболевания, диагнозу, видам заболевания и т.д. Генерацию альтернатив можно проводить при помощи экспертных методов, нечетких множеств, вероятностно-статистических методов. Наиболее подходящим для этой цели вероятностно-статистическим методом может быть кластерный анализ;

О пятый этап – анализ альтернатив – определяет принадлежность больного к той или иной группе однородности. Данный этап является наиболее важным, так как он является завершающим в процедуре поддержки принятия врачебных решений и состоит в оптимизации вариантов решений (альтернатив) с выбором наилучшей из множества сгенерированных. Этап может быть реализован математическими методами (например, многокритериальной оптимизацией), вероятностно-статистическими методами (дискриминантным анализом, деревьями классификации), при помощи нейронных сетей, системой рассуждений на основе аналогичных случаев, посредством деревьев решений, средствами эволюционного программирования, генетическими алгоритмами, экспертными методами и т.д.

Описание разработки интеллектуально-вычислительной части СППР приведено в таблице 1.

Таблица 1

Описание разработки интеллектуально-вычислительной части СППР

Этапы	Методы реализации	Результат этапа
Анализ проблемы	Нечеткие множества, экспертные методы, математическое моделирование, формирование дерева целей, структурный анализ, метод аналогий	Определение и структура проблемы
Формулирование целей и задач	Нечеткие множества, экспертные методы, математическое моделирование, структурный анализ, мозговой штурм (консилиум)	Цели, ограничения и функции системы
Определение критериев	Нечеткие множества, экспертные методы, вероятностно-статистические методы	Система критериев
Формирование множества альтернатив	Нечеткие множества, вероятностно-статистические методы, нейронные сети, метод аналогий, деревья решений, генетические алгоритмы, экспертные методы	Множество альтернатив
Анализ альтернатив	Вероятностно-статистические методы, метод аналогий, деревья решений, экспертные методы	Набор альтернатив, удовлетворяющих системе критериев

Процесс принятия медицинских решений можно представить в виде цикла, состоящего из последовательных, следующих друг за другом процедур. Первые три процедуры реализуют сбор, обработку и анализ медицинской информации. Четвертая процедура – это поддержка принятия решения, включающая концептуальное или математическое моделирование, выработку альтернатив и выбор тех, которые в наибольшей степени удовлетворяют поставленным целям, что применительно к медицине означает выбор оптимального пути лечения больного. Пятая и шестая процедуры включают выбор совокупности наиболее эффективных медицинских мероприятий и их реализацию. После чего цикл замыкается и начинается вновь сбор информации.

Описание процесса принятия медицинских решений приведено в таблице 2.

Описание процесса принятия медицинских решений

Процедуры	Инструментарий, методы	Результат процедур
Сбор информации о заболевании	Средства диагностики (УЗИ, рентген, МРТ)	Результаты диагностики
Обработка информации	Статистические методы, компьютерные технологии, базы данных	Обработанная информация результатов диагностики
Анализ информации	Вычислительные алгоритмы	Структурированная информация о заболевании
СППР	Экспертные методы	Множества альтернатив
Принятие решений	Анализ альтернатив	Предложение оптимальных стратегий лечения
Управление лечебным процессом	Экспертное мнение лечащего врача	Улучшение состояния здоровья пациента

В результате успешной реализации процесса принятия решений может быть выбрана оптимальная стратегия лечения. Информатизация человеческой деятельности носит объективный характер, поэтому создание медицинских информационных систем актуально и направлено на повышение эффективности работы здравоохранения на всех уровнях – от участкового врача до министерства здравоохранения. Путем интеграции экспертных систем в медицинской области можно добиться качественного и количественного улучшения показателей результатов лечения, уменьшить количество врачебных ошибок, автоматизировать лечебный процесс.

По взаимодействию с пользователем оптимальной является активная СППР, которая будет непосредственно участвовать в разработке правильного решения. По способу поддержки СППР должна поддерживать следующие функции:

- использовать в работе доступ к статистическим, финансовым или иным моделям;
- поддерживать работу двух и более пользователей, занимающихся общей задачей;
- использовать в работе не только внутренние, но и внешние данные;
- манипулировать неструктурированной информацией, заключенной в различных электронных форматах;
- ориентируясь на знания, предоставлять наилучшие решения проблем.

Естественно было бы ошибочным переносить принципы разработки технических СППР на создание медицинских СППР, большинство подсистем которых являются биологическими объектами, принципиально отличающимися от технических систем по ряду признаков. Человеческий организм является динамической, саморегулирующейся функциональной системой, подверженной естественной изменчивости, воздействию большого количества мало изученных случайных факторов. Поэтому будет разумным,

если в медицинских системах принятия решений будут преобладать экспертные, вероятностно-статистические методы, различные эвристические процедуры, которые способны с высокой вероятностью находить правильное решение. При этом решения, полученные СППР должны иметь совещательный голос, а окончательное решение принимает человек – лечащий врач.

Учитывая вероятностный характер медицинских задач, перспективным и целесообразным является применение вероятностно-статистических методов при разработке систем поддержки принятия решений. Статистические пакеты прикладных программ существенно расширяют возможности практического использования данных методов. Несмотря на это, неструктурированность и неоднородность медицинских данных значительно осложняют реализацию подобной системы, что может стать серьезной проблемой при разработке.

Список литературы

1. Симанков В.С., Владимиров С.Н., Денисенко А.О., Черкасов А.Н. Методологические аспекты построения систем поддержки принятия решений // Вестник ДГТУ. 2008. №3(38). С. 258–266.
2. Постников В.М., Черненький В.М. Методы принятия решений в системах организационного управления: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 205 с.
3. Симанков В.С. Халафян А.А. Системный подход к разработке медицинских систем поддержки принятия решений // Известия высших учебных заведений. Северокавказский регион. Технические науки. 2010. №1. С. 29-36.
4. 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.
5. Power D.J. A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources.COM, World Wide Web. Available at: <http://DSSResources.COM/history/dsshhistory.html>, accessed 15.03.2015.
6. Медицинские информационные системы. Экспертные системы и базы данных. Режим доступа: http://www.rfbr.ru/old/pub/vestnik/V4_99/1_14.htm1 (дата обращения: 25.03.2015).