

Рис. 1. Опреснитель 1 — корпус; 2 — теплоизолятор; 3 — понтон; 4 — система подъема жидкости; 5 — верхняя прозрачная крышка; 6 — испаряющее устройство; 7 — емкость; 8 — соединительный элемент; 9 — устройство для откачивания воздуха

зырьков пара, которые поднимаются вверх к внутренней поверхности крышки и оседают на ней. При дальнейшем повышении температуры скорость испарения увеличивается. Образующийся пар собирается в крупные капли, которые стекают в желоба и через соединительные элементы поступают в емкость-накопитель.

Как показали проведенные исследования и испытания данного опреснителя при активности Солнца $q = 750 \text{ Вт/м}^2$ температура слабого парообразования составляет $t_1 = 40^\circ \text{C}$, а при температуре $t_2 = 55^\circ \text{C}$

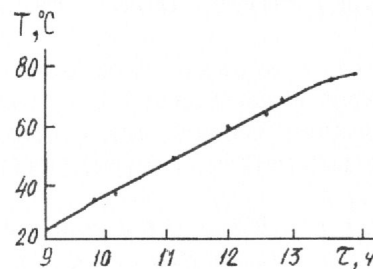


Рис. 2. Режим нагрева жидкости

и выше соответствует стабильному парообразованию, что показано на рис. 2.

Полученные результаты подтвердили работоспособность данного устройства.

Активность Солнца в космическом пространстве $q = 1360 \text{ Вт/м}^2$. В таких условиях возможно применение данных опреснителей с дополнительными устройствами для регенерации жидкости в космических аппаратах. Это рационально и значительно сократит загрузку аппаратов жидкостным жизнеобеспечением.

FRESHENER

S. A. Moroz, G. K. Volkov, L. P. Polyakova

The issue of the application of fresheners is urgent in the countries and regions with water resources which are unfit for use or even absent. The offered fresheners use ecologically pure sun energy to take away salt from mineral and sea water. The application of fresheners in space conditions is also rationally.

УДК 574/578+681.31

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ, ОСНОВАННЫХ НА СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

© Н. О. Соколова, Л. Ф. Волик

Дніпропетровський національний університет

Розглянуто питання створення систем, основаних на знаннях, моделі подачі знань в них, зокрема семантичні мережі. Описано побудову семантичної мережі та експертної системи для диференціальної діагностики захворювань.

Разработка систем, основанных на знаниях, является составной частью исследований по искусственному интеллекту и имеет целью создание компьютерных методов решения проблем, обычно требующих привлечения специалистов.

В системах, основанных на знаниях, правила (или эвристики), по которым решаются проблемы в конкретной предметной области, хранятся в базе знаний. Проблемы ставятся перед системой в виде совокупности фактов, описывающих некоторую си-

туацию, и система с помощью базы знаний пытается вывести заключение из этих фактов. Эвристики представляют собой правила вывода, которые позволяют находить решения по известным фактам [3].

Система функционирует в следующем циклическом режиме: выбор (запрос) данных или результатов анализов, наблюдение, интерпретация результатов, усвоение новой информации, выдвижение с помощью правил временных гипотез и затем выбор следующей порции данных или результатов анализов. Такой процесс продолжается до тех пор, пока не поступит информация, достаточная для принятия окончательного заключения.

В любой момент времени в системе содержатся три типа знаний, хранящиеся в базе знаний (БЗ):

- структурированные знания — статические знания о предметной области. После того как эти знания выявлены, они уже не изменяются;

- структурированные динамические знания — изменяемые знания о предметной области. Они обновляются по мере выявления новой информации;

- рабочие знания — знания, применяемые для решения конкретной задачи или проведения консультации.

Для построения БЗ необходимо провести опрос специалистов, являющихся экспертами в конкретной предметной области, а затем систематизировать, организовать их и снабдить указателями, чтобы впоследствии знания можно было легко извлечь из базы знаний.

Одной из наиболее сложных проблем, возникающих при создании экспертных систем, является преобразование знаний эксперта и описаний применяемых им способов поиска решений в форму, позволяющую представить их в базе знаний системы [3].

Обычно эксперт не прибегает к процедурным или количественным методам. Его основные средства — аналогия, интуиция, абстрагирование. Часто эксперт даже не может объяснить, как именно им было найдено решение. В лучшем случае он опишет основные приемы или эвристики, которые помогли ему успешно справиться с задачей. На инженера знаний возлагается очень сложная работа по преобразованию этих описаний в строгую, полную и непротиворечивую модель, которая позволяла бы решать прикладные задачи не хуже, чем это сделал бы сам эксперт.

Семантические сети (СС) — это общее название методов описания, использующих сети, так же называют и один из способов представления знаний. Основным преимуществом этой модели явля-

ется то, что она более других соответствует современным представлениям об организации долговременной памяти человека, и была предложена психологом Куиллианом [2].

Семантическая модель представляет собой множество понятий — вершин графа, и множество отношений — дуг графа, связывающих эти понятия.

Характерная особенность СС — в наглядности знаний как системы. Каждое отдельное знание рассматривается как некое отношение между сущностями и понятиями, и формально, как и в продукционных системах, определенные заранее и уже существующие внутри системы знания можно наращивать независимо с сохранением их модульности. В то же время все знания, относящиеся к одинаковым сущностям и понятиям, могут быть изображены в виде отношений между различными узлами, описывающими эти сущности, и это дает основание говорить о легкости понимания такого представления. На основе этих сетей осуществляются выводы, однако для этого необходимы специальные алгоритмы вывода. В продукционных системах выводы определяются для ограниченного формализма ЕСЛИ—ТО, поэтому алгоритмы вывода также формализованы и наряду со своей простотой достаточно точны. Поскольку семантические сети являются собирательным названием систем представления, использующих сети, нет смысла определять для них специфические алгоритмы выводов, и потому сравнивать сети с другими способами представления весьма трудно. Однако из-за того, что форма представления сетями не устанавливается, для каждого конкретного формализма будут определены свои собственные правила вывода, поэтому усиливается элемент произвольности, вносимый человеком. Выводы, которые достаточно тщательно не проверены, таят в себе угрозу создания противоречий. Следовательно, в семантических сетях необходимо больше, чем в продукционных системах, уделять внимания таким обстоятельствам, как устранение противоречий. Сама система такими возможностями не обладает, и потому во многих случаях эта функция возлагается на человека. Просматривая все знания, человек способен управлять их непротиворечивостью, однако если объем знаний будет увеличиваться, то их представление будет резко усложняться, что ограничит круг решаемых проблем сравнительно небольшими.

Проблема поиска решения в базе знаний типа семантической сети сводится к задаче поиска фрагмента сети, соответствующего некоторой подсети.

Разработанная экспертная медицинская система «Semantic Net» относится к классу диагностических

систем и ориентирована на дифференциальную диагностику заболеваний. Известны группы заболеваний, сопровождающиеся одними и теми же симптомами, но имеющими отличительные дифференциальные признаки. Система призвана оказывать помощь в диагностике именно этих групп заболеваний, основываясь на знании всех отличительных симптомов. С помощью механизма вывода знаний система ставит предварительный диагноз, а также обладает способностью объяснять способ получения вывода.

Для построения демонстрационной базы знаний была выбрана группа заболеваний, сопровождающихся синдромом ангины. Система дает ответы на следующие вопросы:

- какая группа общих симптомов характерна для данного конкретного типа заболеваний;
- какие имеются отличительные симптомы, дифференциальные признаки для каждого заболевания из рассматриваемой группы;
- для какого именно заболевания характерна введенная последовательность общих и отличительных симптомов.

В качестве модели представления знаний в разрабатываемой экспертной системе была выбрана семантическая сеть.

Рассмотрим, как можно построить семантическую сеть, основываясь на симптоматике каждого заболевания из выбранной группы. В табл. 1 приведен перечень заболеваний, сопровождающихся синдромом ангины, перечень общих симптомов, а также отличительные особенности каждого заболевания.

В качестве вершин графа выступают следующие понятия:

- заболевания и общие для всех них симптомы, а также отличительные симптомы;
- значения или формы, которые могут принимать общие и отличительные симптомы.

В качестве дуг графа выступают:

- отношения между симптомами и значениями симптомов;
- между значениями симптомов и возможными заболеваниями.

Задача построения базы знаний на основе семантической сети сводилась к следующему:

Выявление группы анализируемых заболеваний — определение объектов-узлов семантической сети. Определение дополнительных узлов — перечня общих для всех заболеваний симптомов. Все синтаксические цепочки в табл. 1 разбиваются на два класса:

- понятия, значения, конкретные объекты;
- отношения, при помощи которых понятия

связаны друг с другом.

Для каждого узла-симптома определен перечень всех возможных принимаемых отношений, а также узлов-значений, связанных с этим отношением. Например, узел-симптом «Температура» может быть связан с помощью отношения «бывает» с узлами-значениями «37 °С», «37—39 °С», «40 °С» и т. д. Допустим, имеется следующий симптом: «налет на миндалинах». Это понятие может быть связано следующими отношениями: «может отсутствовать», «имеет свойство», «снимается шпателем», «имеет форму». Каждое отношение может выводить на новое значение. Это значение опять связывается отношением с другими значениями и т. д. до тех пор, пока цепочка не замкнется, т. е. какое-либо отношение не замкнется на узлы-заболевания. Например, отношение «может отсутствовать» связанное с узлом «Налет на миндалинах», выводит сразу на такие узлы-заболевания как «ангина катаральная», «дифтерия катаральная», «скарлатина», «инфекционный мононуклеоз». Отношение «имеет свойство» связывается с такими понятиями как «растворяться в воде», «не растворяться в воде», «быть на языке, небных дужках, задней стенке глотки». Эти понятия связываются отношениями типа «возможен диагноз» с понятиями, обозначающими заболевания. Например, понятие «растворяться в воде» связано данным отношением с понятиями «ангина фолликулярная», «ангина лакунарная», «скарлатина», «инфекционный мононуклеоз». Понятие «не растворяться в воде» связано этим отношением с понятиями «дифтерия островчатая», «дифтерия пленчатая локализованная», «дифтерия пленчатая распространенная».

Фрагмент семантической сети для группы заболеваний, сопровождающихся синдромом ангины приведен на рис. 1.

Таким образом, расписываются все возможные симптомы для данной группы заболеваний через определенные отношения и их значения.

Выводы в семантических сетях определяются через отношения между множеством дуг, имеющих общие узлы. Наиболее простым является вывод между заданными дугами. Например, как показано на рис. 1, когда отношением «имеет свойство» связывается понятие симптома «налет на миндалинах» и его значение «растворяться в воде», и отношением «возможен диагноз» связывается понятие «растворяться в воде» и заболевание «инфекционный мононуклеоз», то делается вывод, что данное свойство симптома указывает на возможное заболевание «инфекционный мононуклеоз».

В последнее время были проведены исследования по определению выводов более общего вида для

Таблица 1. Перечень симптомов для заболеваний, сопровождающихся синдромом ангины

Симптом	Ангина			Дифтерия				Скарлатина	Инфекционный мононуклеоз	Сифилис первичный
	Ангина катараль- ная	Ангина фол- ликулярная	Ангина лаку- нарная	Дифтерия катаральная	Дифтерия остро- вчатая	Пленчатая				
						Локализован- ная	Распространен- ная			
Темпе- ратура тела, °С	37.5	38—39	39—40	37.5	37.5—38	37.5—38	38.5—39	37.5—40	38—39	37.5
Боль в горле	сильная	сильная	сильная	умеренная	умеренная	умеренная	умеренная	сильная	сильная	нет
Измене- ния в минда- линах	легкий отек, ги- перемия минда- лин и слизи- стой оболоч- ки	гиперемия небольшая гипертро- фия небных миндалин	гиперемия и гипер- трофия	= ангина катараль- ная (необ- ходимость бактери- ального анализа)	миндали- ны увели- чены. За- стойная ги- перемия с синюшным оттенком	увеличены, застойная гиперемия		= 3 форме анги- ны	= 3 форме ангины	гиперемия, увеличе- ние минда- лины, как правило од- на минда- лина
Налеты	отсутст- вуют	легко снимаются шпателью, миндалины не кровоточат после этого		отсутствую- т	фибриноз- ный налет грязно-бе- лого цвета. Снимают- ся шпате- лем труд- но. В воде не раство- ряются	на минда- линах сплошные фибриноз- ные плен- ки с глад- кой поверх- ностью. Не снимаются шпателью, кровоточат	налет выхо- дит за пределы миндалин: на язык, небные дужки, за- днюю стен- ку глотки. В воде не растворя- ются	= ангина	= ангина	появляется шанкр-эро- зия с чет- кими края- ми и глад- ким блестя- щим дном. D = 0.5...1 см. Может быть фиб- ринозный налет
		есть точеч- ные желто- ватые обра- зования на поверхно- сти	имеют более распро- страненный характер							
Измене- ния в ре- гиональ- ных лимфо- узлах	слегка увели- чены, болез- ненны	слегка уве- личены слегка бо- лезненны	увеличе- ны, болез- ненны	слегка уве- личены, безболез- ненны	слегка увеличены, умеренно болез- ненны			= ангина	общее уве- личение лимфоуз- лов	полиаде- нит, лим- фоузлы безболез- ненны
Инток- сикация	не выра- жена	умеренна						не выражена	выражена	не выраже- на
Анализ крови	лейкоцитоз, увеличение СОЭ								лейкоци- тоз, появле- ние в кро- ви атипич- ных моно- нуклеаров	специфи- ческая ре- акция Вас- сермана
Отличи- тельные симпто- мы								Мелкоточечная сыпь на гиперемизированном фоне кожи, пылающий зев, со 2-3 дня малиновый язык, со 2-й не- дели шелушится кожа	увеличе- ние печени и селезенки	

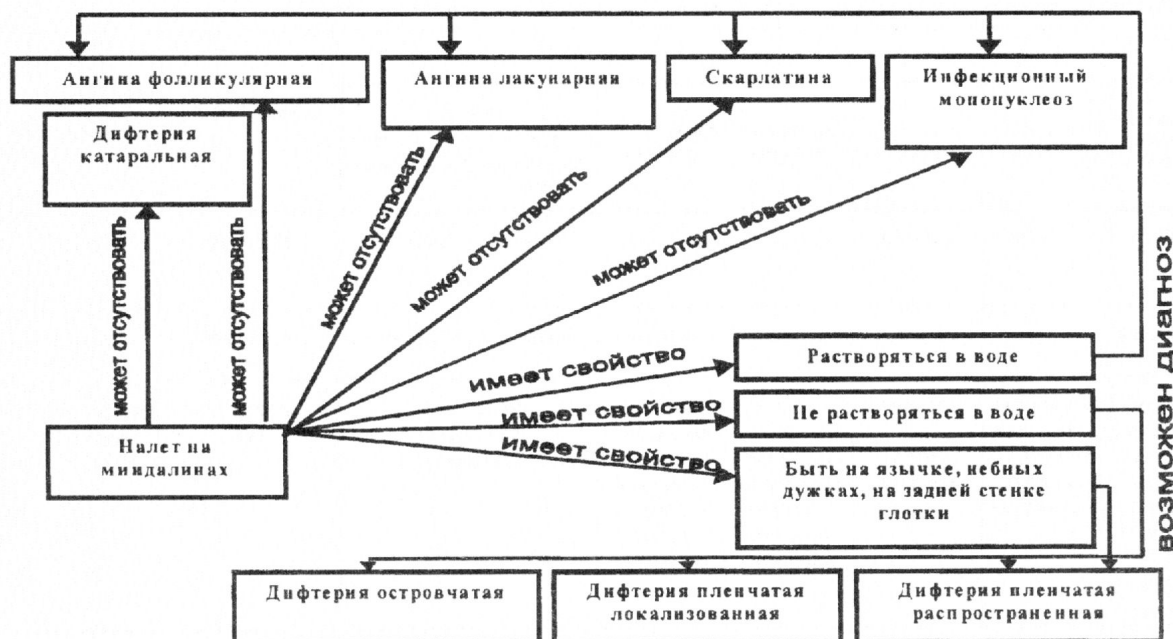


Рис. 1. Фрагмент семантической сети диагностики заболеваний

фрагментов сетей, однако получить удовлетворительные результаты не удалось из-за трудности унификации выводов на семантических сетях. Хороший результат позволяет получить такой подход, в котором используется комбинация семантических сетей с другими методами представления знаний.

Данный подход реализован в системе «Semantic Net», где наряду с выводами в семантических сетях используется еще и логический вывод.

Рассмотрим опять ситуацию на рис. 1. Очевидно, что понятие «растворяться в воде» связано отношением «возможен диагноз» сразу с несколькими заболеваниями: «ангина лакунарная», «ангина фолликулярная», «скарлатина», «инфекционный мононуклеоз». К таким диагнозам можно прийти, начав передвижение в сети с узла «налет на миндалинах» через отношение «имеет свойство», выбрав значение «растворяться в воде». Однако процесс диагноза на этом не заканчивается. Система каждый раз запоминает цепочку, по которой был совершен проход, эти данные записываются временно в память. Там хранятся данные о текущем множестве возможных заболеваний, на которые система вышла в процессе очередного прохода по узлам и отношениям. В конце каждого прохода полученное новое множество заболеваний сравнивается с текущим множеством, хранящимся в буфере. Процесс передвижения по узлам сети продолжается до тех

пор, пока не будут получены следующие результаты:

- логическое сравнение множеств даст одно значение — возможное заболевание при всех введенных пользователем цепочках симптомов. Тогда должна подаваться команда «стоп» и система выдает заключение о предварительном диагнозе;
- логическое сравнение множеств даст нулевой результат — пустое множество. Это значит, что введенная пользователем цепочка симптомов не применима ни к одному заболеванию, которые известны в системе. В этом случае выдается команда об ошибке, и система предлагает снова повторить проход по цепи в поисках диагноза.

ЭС «Semantic Net» состоит из (рис. 2):

- базы знаний (БЗ), хранящейся на внешнем носителе данных (винчестере, дискете);
- пользовательского интерфейса системы;
- подсистемы вывода, реализующей механизм вывода;
- модуля объяснений.

Базы знаний — специально организованные файлы, хранящиеся на внешнем носителе данных. Каждая база знаний предназначена для диагностики какой-то одной группы заболеваний. Загружаются файлы в оперативную память по мере необходимости.

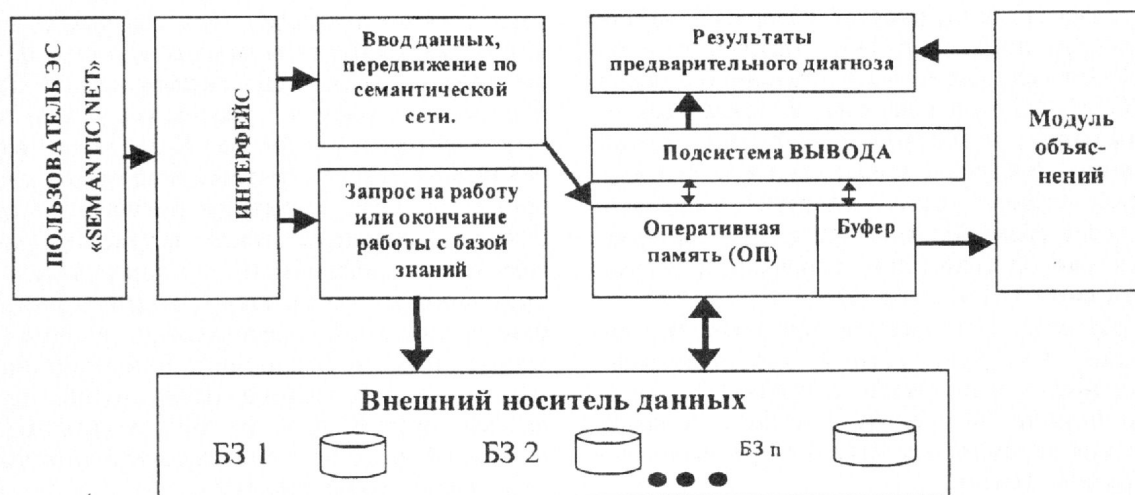


Рис. 2. Функциональная схема системы «Semantic Net»

Таблица 2. Структура массива

<i>Cell (1.1)</i> Название узла — симптома сети	<i>Cell (1.2)</i> Вектор значений возможных отношений, связанных с этим узлом — симптомом
<i>Cell (2.1)</i> Вектор значений узлов, с которым связано первое отношение, указанного в ячейке <i>Cell (1.2)</i> . В качестве этих узлов могут быть значения для симптома, указанного в ячейке <i>Cell (1.1)</i>	<i>Cell (2.2)</i> Вектор — указатель на порядковые номера болезней в векторе <i>V</i> , с которыми связаны узлы сети отношением «возможен диагноз» указанные в ячейке <i>Cell (2.1)</i>
<i>Cell (3.1)</i> Вектор значений узлов, с которым связано второе отношение, указанное в ячейке <i>Cell (1.2)</i> . В качестве этих узлов могут быть значения для симптома, указанного в ячейке <i>Cell (1.1)</i>	<i>Cell (3.2)</i> Вектор — указатель на порядковые номера болезней в векторе <i>V</i> с которыми связаны узлы сети, указанные в ячейке <i>Cell (3.1)</i>
*****	*****

Необходимо отметить, что интерфейс программы и подсистема вывода универсальны — позволяют работать с любой БЗ, созданной по определенным правилам. Информация, которая в процессе работы была извлечена пользователем, заносится в буфер. Пользуясь буфером, можно просмотреть последовательность введенных симптомов. Это осуществляет модуль объяснений, который дает возможность пользователю просмотреть цепочку вывода — почему был поставлен тот или иной диагноз.

Результаты отчета можно сохранить на внешнем носителе данных в виде текстового файла.

В качестве программной среды для представления базы знаний, создания пользовательского интерфейса и механизма вывода была выбрана система MATLAB версии 5.2.1.

Для организации базы знаний используются два массива типа cell аггау, элементы которого, в свою очередь, являются массивами. Массивы ячеек позволяют хранить массивы с элементами разных

типов и разных размерностей. Первый массив (Disease) — размерностью $1 \times N$, каждый элемент которого будет содержать строку-название болезни $N = \text{LENGTH}(V)$, длина вектора V равна количеству заболеваний, известных в этой базе знаний. Второй массив (Symptom) имеет сложную структуру: каждый элемент этого массива — в свою очередь массив размерностью $k \times 2$, где k — количество строк, равное количеству отношений, связанных с этим симптомом (табл. 2).

Таким образом, в массиве по организации данных описаны все узлы сети и все возможные отношения-связи этих узлов с другими узлами сети. При помощи М-скрипта в рабочей области создаются эти переменные, которые при необходимости возможно изменять.

Механизм вывода и модуль объяснений в системе реализованы следующим образом.

При загрузке значений переменных базы знаний в рабочую область определяются длина вектора Disease и длина вектора Symptom. Длина вектора Symptom свидетельствует о количестве симптомов для данной группы заболеваний — узлов сети, по которым возможен вход в сеть. Выбирая один из симптомов, система анализирует количество и названия отношений, с которым связан данный симптом, и предлагает дальнейший маршрут движения по сети, выбирая различные варианты отношений.

С выбором отношения появляется доступ к списку возможных значений для выбранного симптома и отношения. Принимая одно из отношений, система анализирует, с какими заболеваниями связана введенная логическая цепочка, и выдает предварительный диагноз.

Модуль объяснений записывает данную логическую цепочку в буфер. Система вывода в конце прохода по сети анализирует длину вектора пред-

варительного диагноза. Если эта длина равна единице, то предварительный диагноз считается завершенным, и модуль объяснений выдает данные из буфера, в котором содержатся все данные о введенных логических цепочках. Если длина вектора не равна единице, то система организует следующий проход по сети, записывая логическую цепочку в буфер и сравнивая новое полученное множество возможных заболеваний с множеством в векторе предварительного диагноза, выдавая новое множество заболеваний, представляющее собой их логическое объединение. Если длина результирующего множества заболеваний равна нулю, то система выдает сообщение об ошибке, модуль объяснений очищает буфер. Система снова готова к проходу по сети и постановке диагноза.

1. Левин Р., Дранг Д., Эделсон Д. Практическое введение в технологию искусственного интеллекта и экспертных систем с иллюстрациями на Бейсике. — М.: Финансы и статистика, 1991.
2. Осуга С. Обработка знаний. Пер. с японского. — М.: Мир, 1989.
3. Таунсенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ. Пер. с англ. — М.: Финансы и статистика, 1990.
4. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. Пер. с англ. — М.: Мир, 1989.

TAKING THE DECISIONS BASED ON SEMANTIC NET, IN EXPERT SYSTEMS

N. O. Sokolova, L. F. Volyk

Problems, connected with the creation of systems, based on knowledge, models of knowledge presentation in them and, in particular, semantic nets are considered. The description of the formation of the semantic net and expert system for differential diseases diagnostic is given.