

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ  
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Р.Э.ГАДЖИЕВ

*НИИ Аэрокосмической информатики. АНАКА*

*Работа посвящена моделированию на компьютере принятия процессов решения клиницистом –экспертом с помощью технологии экспертных систем.*

*Рассмотрен процесс разработки консультирующей семиотической модели в области переломов в тазобедренном суставе с различными возрастными группами.*

Медицина, как сложный объект управления, не позволяет построить ее формальную математическую модель и ставить задачу управления в традиционном духе [1].

В данной работе рассматривается одна из таких отраслей медицины –переломы в тазобедренном суставе. Проблема автоматизации процесса построения моделей управляемых объектов связана с разработкой математического аппарата, с помощью которого формализуется как процесс построения модели, так и процесс поиска решений с помощью модели. Но, при этом, в силу сложности и неформализуемости процессов, протекающим в нем единственным путем, является метод, связанный с анализом и имитацией способностей человека при помощи технологии экспертных систем (ЭС) (являющегося практическим приложением теории ИИ). В основе своей ЭС моделируют механизм мыслительной деятельности, а не физическую природу рассматриваемой предметной области. Исчисление предикатов, имеющих ясную формальную семантику, и операционную поддержку в том смысле, что для него разработаны механизмы вывода, было первым логическим языком, который был применен для формального описания в области переломов в тазобедренном суставе (а также в детской ортопедии и травматологии) [2].

Психологические эксперименты в мыслительной деятельности врачей-клиницистов при решении ими конкретных медицинских задач, являющиеся основой построения ЭС, позволили сделать следующие существенные выводы:

- имеется наличие микропроцесса познания элементов ситуации и построения некоторой целостной системы (патологии), определяющей уровень понимания ситуации:

- построение это разворачивается во времени, хотя может и не осознаваться решающим задачу человеком.

- опытные эксперты – клиницисты рассматривают ситуацию системно, осуществляя работу с большими единицами деятельности. В результате возникают варианты решения, учитывающие совокупность признаков (симптомов, синдромов рентгенологических снимков и т. д.) и свойств многих элементов. Такая способность к системной деятельности высокого уровня связана с их врачебным опытом.

-опыт сильного специалиста кодируется в обобщенной форме, в виде емкого и гибкого словаря.

- исследования показали, что основная трудность, возникающая перед программированием, объясняется в отсутствии средства адекватного описания процесса установления отношений, процесса познания ситуации, предшествующей и определяющей формирования варианта [3].

На основе проведенных экспериментов рассмотрим построение ЭС при переломах в тазобедренной области со строгой градацией возрастных групп, учитывающиеся в процессах принятия решений.

Как и в исчислении высказываний, в исчислении предикатов применялась нормальная форма представления выражений, для построения которой используется синтаксические преобразования. Вкратце это выглядит следующим образом: с помощью правил замещения  $(\exists\chi)\psi$  на  $\neg(\forall\chi)\neg\psi$  и  $(\forall\chi)\psi$  на  $\neg(\exists\chi)\neg\psi$ , а также используя правила де Моргана, выполняем приведение отрицания. В зависимости от определения области интерпретации переменных кванторами, выполняем приведение переменных.

Кванторы существования, если они появляются вне области интерпретации квантора общности, заменяются константами Сколема (т. е. исключаются кванторы существования). Экзистенциальные переменные, существующие внутри области интерпретации одного или более кванторов общности, могут также быть заменены функциями Сколема. Далее, все оставшиеся кванторы, т. е. кванторы общности переносятся в «голову» выражения. Таким образом, происходит преобразование в префиксную форму. Разносятся операторы конъюнкции и дизъюнкции, отбрасываются кванторы общности. Также, отбрасывая операторы конъюнкций, оставляем множество фраз. Далее, преобразовываем фразовую форму, где позитивные литералы группируются слева от знака стрелки, а негативные справа. В целях упрощения восприятия применяемой в работе методологии, используем универсальную для построения экспертной системы предикатно – аргументную форму описания, с ее дальнейшими, принятыми в исчислении высказываний, синтаксическими преобразованиями. Синтаксическими схемами представления выражений являются конъюнктивная нормальная форма, полная фразовая форма и фраза Хорна. Применяемый в работе метод резолюции требует, чтобы исходная логическая формула была приведена к специальному виду, а затем должна быть представлена в

конъюнктивной нормальной форме, т.е. должна быть приведена к стандартной форме.

Для примера, из множества классифицированных ситуаций, могущих возникнуть у пациентов, рассмотрим две (связанные лишь с чрезвычайным многооскольчатый переломом), до 60 лет и после 60 лет, и опишем отмеченное выше в формальном виде:

A2. Чрезвертельный многооскольчатый. (до 60 лет).

A2.2. Два промежуточных фрагмента.

Правило:

Если Факт 1. Подгруппа A2.2. И  
 Факт 2. Два промежуточных фрагмента И  
 Факт 3. Возр. до 60 лет.

ТО Остеосинтез  $95^0$ , г – образная пластина или DHS или  
 или PFNa

Производим синтаксические преобразования:

$(\forall \Pi^{10} \in \Pi)(\exists O^{25} \Pi \in O \Pi)(A2.1 \wedge \text{Дв. пр. фр. г.} \wedge \text{Возр. до 60 лет}) \supset (\text{Ост. } 95^0 \text{ г-пл.} \vee \text{DHS} \vee \text{PFNa})$

$\forall \Pi^{10} (\neg \exists O^{25} \Pi (A2.2 \wedge \text{Дв. пр. фр. г.} \wedge \text{Возр. до 60 лет}) \vee (\text{Ост. } 95^0 \text{ г-пл.} \vee \text{DHS} \vee \text{PFNa}))$

$\forall \Pi^{10} (\forall O^{25} \Pi (\neg A2.2 \vee \neg \text{Дв. пр. фр. г.} \vee \neg \text{Возр. до 60 лет}) \vee (\text{Ост. } 95^0 \text{ г-пл.} \vee \text{DHS} \vee \text{PFNa}))$

$\forall \Pi^{10} \forall O^{25} \Pi (\neg A2.2 \vee \neg \text{Дв. пр. фр. г.} \vee \neg \text{Возр. до 60 лет}) \vee (\text{Ост. } 95^0 \text{ г-пл.} \vee \text{DHS} \vee \text{PFNa})$

$\forall \Pi^{10} \forall O^{25} \Pi (\text{Ост. } 95^0 \text{ г-пл.} \vee (\neg A2.2 \vee \neg \text{Дв. пр. фр. г.} \vee \neg \text{Возр. до 60 лет})) \vee (\text{DHS} \vee (\neg A2.2 \vee \neg \text{Дв. пр. фр. г.} \vee \neg \text{Возр. до 60 лет})) \vee (\text{PFNa} \vee (\neg A2.2 \vee \neg \text{Дв. пр. фр. г.} \vee \neg \text{Возр. до 60 лет}))$

$\{\{\text{Ост. } 95^0 \text{ г-пл.}, \neg A2.2, \neg \text{Дв. пр. фр. г.}, \neg \text{Возр. до 60 лет}\}, \{\text{DHS}, \neg A2.2, \neg \text{Дв. пр. фр. г.}, \neg \text{Возр. до 60 лет}\}, \{\text{DCS}, \neg A2.1, \neg \text{Дв. пр. фр. г.}, \neg \text{Возр. до 60 лет}\} \vee \{\text{PFNa}, \neg A2.2, \neg \text{Дв. пр. фр. г.}, \neg \text{Возр. до 60 лет}\}\}$

Ост.  $95^0$  г-пл.,  $\leftarrow A2.2$ , Дв. пр. фр. г., Возр. до 60 лет

DHS,  $\leftarrow A2.2$ , Дв. пр. фр. г., Возр. до 60 лет

PFNa,  $\leftarrow A2.2$ , Дв. пр. фр. г., Возр. до 60 лет

Мы получили фразы Хорна.

Или более строго:

Ост.  $95^0$  г-пл., DHS, PFNa,  $\leftarrow A2.2$ , Дв. пр. фр. г., Возр. до 60 лет.

A2. Чрезвертельный многооскольчатый. (после 60 лет).

A2.3. Более двух промежуточных фрагмента.

Правило:

Если Факт 1. Подгруппа A2.3. И  
 Факт 2. Более двух промежуточных фрагмента И  
 Факт 3. Возр. после 60 лет.

ТО PFNa

$(\forall \Pi^{10} \in \Pi)(\exists O^{25} \Pi \in \text{Оп})(A2.1 \wedge \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. после 60 лет} \rangle \supset (PFNa \vee \text{Оп.Энд прт.}))$

$\forall \Pi^{10} (\neg \exists O^{25} \Pi (A2.2 \wedge \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. после 60 лет} \rangle) \vee (PFNa \vee \text{Оп.Энд прт.}))$

$\forall \Pi^{10} (\forall O^{25} \Pi (\neg A2.2 \vee \neg \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. после 60 лет} \rangle) \vee (PFNa \vee \text{Оп.Энд прт.}))$

$\forall \Pi^{10} \forall O^{25} \Pi (PFNa \vee (\forall O^{25} \Pi (\neg A2.2 \vee \neg \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. до 60 лет} \rangle) \vee (\text{Оп.Энд прт} \vee (\neg A2.2 \vee \neg \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. после 60 лет} \rangle)))$

$\{PFNa \vee (\neg A2.2 \wedge \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. после 60 лет} \rangle) \vee \{ \text{Оп.Энд прт} \vee (\neg A2.2 \vee \neg \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. после 60 лет} \rangle) \}$

$\{PFNa, \neg A2.2, \neg \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. после 60 лет} \rangle\}$ ,

$\{ \text{Оп.Энд прт}, \neg A2.2, \neg \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. после 60 лет} \rangle \}$ .

$PFNa, \leftarrow A2.2, \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. до 60 лет} \rangle$

$\text{Оп.Энд прт}, \leftarrow \neg A2.2, \neg \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. после 60 лет} \rangle$

$PFNa, \text{Оп.Энд прт} \leftarrow A2.2, \langle \text{Дв. пр. фр.} \wedge \text{Возр. после 60 лет} \rangle$ .

Мы получили выражения, представляющие фразу Хорна в синтаксисе языка логического программирования ПРОЛОГ.

Обобщение по структурам – это наиболее важный вид обобщения в рассматриваемых нами областях медицины, т.к. именно в языке отношений чаще всего кроется то, что объединяет в один класс ситуации, при которых могут приниматься похожие решения [4]. Процедура выдвижения гипотез, в основе которой лежат схемы индуктивной логики, это схемы: метод сходства, метод различия, метод остатков и метод сопутствующих изменений, называемые методами индуктивных рассуждений. Таким образом, на основании имеющихся в системе примеров (положительных и отрицательных) формируются гипотезы. Опуская ряд подробностей, общее правило сходства будет иметь следующий вид (1):

$$\frac{J_{1/(n-1)}(c_i \Rightarrow^+ a_j); J_1 M(c_i, a_j)}{J_{2/n}(c_j \Rightarrow^+ a_j)};$$

$$\frac{J_{i/(n-1)}(c_i \Rightarrow^+ a_j); J_1 M(c_i, a_j)}{J_{(i+1)/n}(c_j \Rightarrow^+ a_j)}.$$

где  $M(c_i, a_j)$  обозначает предикат сходства, с оценкой  $J_1$ , показывающей его истинность.

Определение предиката сходства:

$$M(c_i, a_j) = \exists_R \overline{M}(c_i, a_j, k).$$

Параметрический предикат сходства определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \overline{M}(c_i, a_j, k) = & \exists_{x_1, y_1} \exists_{x_2, y_2} \dots \exists_{x_k, y_k}, \\ & \left( \left( \bigwedge_{l=1}^k J_b(x_l \Rightarrow y_l) \right) \left( \left( \bigcap_{l=1}^k x_l = c_i \right) \overline{(c_i = \emptyset)} \right) \right), \\ & \forall_{l, q} \left[ ((l \neq q) (1 \leq l, q \leq k)) \rightarrow \overline{(x_l = x_q)(y_l = y_q)} \right], \\ & \forall_{z, a} \left[ ((J_b(z \Rightarrow u) (c_i \subseteq z) \rightarrow ((a_j \subseteq u) \overline{(a_j = \emptyset)})), \right. \\ & \left. \left( \bigvee_{l=1}^k (z = x_l) \right) \right] \quad (k \geq 2). \end{aligned}$$

Применяемый в работе математический аппарат – математическая логика, является тем формальным языком, которая в отношении любой последовательности символов может выявить последовательность, удовлетворяющую правилам конструирования выражений в этом языке. Логика, зависящая от формы выражения в данном языке, является исчислением с определенными синтаксическими правилами логического вывода. Также в ходе построения модели ЭС выяснилась интересная деталь, специфичная для рассматриваемой нами отрасли медицины. Симптомы и всевозможные признаки при различных патологиях в травматологии, ортопедии и в области тазобедренного сустава, в основном выявленные с помощью рентгеновских снимков, биохимии и других методов исследования, носили явный и достаточно информативный характер, в отличие от терапевтического класса больных, где симптомы и признаки носят неявный, субъективно вероятностный характер. Поэтому, в данной работе при построении ЭС, при постановке диагноза, практически не были использованы Байесовская теория вероятности и «коэффициенты уверенности», так как в тенденции к накоплению данных и наблюдений при решении задач клиницистами главное место занимали задачи со сравнительно строго определенным (специфичным для данной отрасли медицины) «правильным решением».

Реализация ЭС в травматологии, осуществленная на базе языка (ИИ) Турбо-Пролог 2.0 (Фирма Borland) и апробированная в Азерб.НИИ травматологии и ортопедии, является той оболочкой, которая будет внедрена в программную реализацию в области тазобедренного сустава. В практическом здравоохранении она может служить и как система – консультант (особенно в районных и сельских больницах), и как система – тренажер для студентов-медиков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поспелов Д. А. Логико-лингвистические методы в системах управления. - М: Энергоатомиздат, 1981.
2. Гаджиев Р.Э. Реализация экспертной системы в травматологии. Труды 5-ой международной научно-практической конференции. Современные информационные и электронные технологии. 17-21 мая 2004 г., г. Одесса.
3. Гаджиев Р.Э. Экспериментальное исследование принятия процессов решения человеком и его моделирование с помощью метода ситуационного управления (на примере шахматного эндшпиля). Труды IV международной объединенной конференции по искусственному интеллекту, т.10, Тбилиси, 1975.
4. Гаджиев Р.Э. Построение имитационной модели в травматологии, с помощью технологии экспертных систем. Труды Международных научно – технических конференция «Интеллектуальные системы (IEEE AIS' (04) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2004). Научное издание в 3 томах. М.: Изд-во физико-математической литературы, 2004, с.285- 290.

## SÜNI İNTELLEKT NƏZƏRİYYƏSİ ƏSASINDA QURULMUŞ EKSPERT SİSTEMİNİN BİR MODELİ HAQQINDA

R.E.HACIYEV

### ANNOTASIYA

İş ekspert sistemləri texnologiyasının köməklili ilə ekspert-klinisistin qərar qəbul etməsi prosesinin kompüterdə modelləşdirilməsinə həsr olunub.

Müxtəlif yaş qruplarının sınıqları sahəsində məsləhətverici semiotik modelin hazırlanma prosesinə baxılmışdır.

## A WORK DEDICATED TO ONE MODEL OF CONSTRUCTION OF EXPERT SISTEM BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE THEORY

R.E.HAJIEV

### ABSTRACT

The work is devoted to research clinical-experts cogitative activity as decisions were being made by him and modeling of these processes by computer. There are considered the development construction principles of advising semiotics model in the medical area. There is shown application product systems efficiency by means of people of works which is very close to human thinking.