

УДК 004.032

А. Б. Барский, д-р техн. наук, проф., e-mail: arkbarsk@mail.ru
Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)

Моделирование индуктивного мышления с помощью языка логического вывода ПРОЛОГ

В соответствии с двумя парадигмами искусственного интеллекта — эксперта и ученика — исследуются возможности построения моделей дедуктивного и индуктивного мышления человека на базе языка логического вывода ПРОЛОГ. Если моделирование дедуктивного мышления изучено достаточно и является основной целью данного языка, то модель индуктивного мышления, т. е. формирования новых знаний, предлагается впервые. Суть ее в следующем. По базе знаний, состоящей из фактов и правил, строятся все возможные дедуктивные цепочки логического вывода. В них обнаруживаются и выделяются законченные, желательные повторяющиеся, конструкции. Связанные переменные заменяются их абстрактным представлением для формирования обобщенного вида выделенной конструкции. Так создаются гипотезы об описании новых понятий. Этим гипотетическим понятиям присваиваются имена, и они становятся новыми правилами, дополняющими базу знаний. Одновременно описание новых правил дополняет понятийную логическую нейронную сеть для возможности работы с нечеткими данными. Практика успешного, непротиворечивого применения новых правил должна утвердить их высокую достоверность.

Ключевые слова: парадигмы искусственного интеллекта, дедуктивное и индуктивное мышление, логическая нейронная сеть, ПРОЛОГ, логические цепочки

Введение

По-видимому, единственное систематизированное определение парадигм искусственного интеллекта (ИИ), явившееся отправной точкой моделирования, дал Н. М. Амосов [1].

Важные основополагающие результаты в области ИИ принадлежат Д. А. Поспелову [2, 3]. На базе этих публикаций развиваются идеи логического вывода по нейронным сетям, например, в работах [4–7].

Парадигма — это концептуальное представление сути проблемы и путей ее решения. Изучают две парадигмы искусственного интеллекта.

1. *Парадигма эксперта* предполагает следующие действия при создании системы ИИ:

- **формализация знаний**, т.е. преобразование проблемного знания в форму, предписанную выбранной моделью;
- **формирование базы знаний (БЗ)** — вложение формализованных знаний в программную систему;
- **дедукция** — решение задачи логического вывода на основе БЗ. (Таким образом, БЗ отличается от базы данных (БД) возможностью логического вывода.)

Эта парадигма лежит в основе построения экспертных систем, систем логического вывода, в том числе на языке логического программирования

ПРОЛОГ. Считается, что системы на основе этой парадигмы более изучены.

2. *Парадигма ученика* предполагает следующие действия:

- **обработка фактов, наблюдений и опыта** частных примеров — формирование БД системы ИИ;
- **индуктивное обучение** — превращение БД в БЗ на основе обобщения накопленных знаний и обоснование процедуры извлечения знаний из БЗ. Это означает, что формируются *новые знания* путем вскрытия обобщенной зависимости между объектами, которую мы наблюдаем. Основное внимание здесь уделяется изучению аппроксимирующих, вероятностных и логических механизмов получения общих выводов из частных утверждений. Затем можно обосновать, например, высокую эффективность процедуры ассоциативного поиска в БЗ с помощью аппарата логических нейронных сетей;
- **дедукция** — по обоснованной процедуре выбирается информация из БЗ по запросу (например, оптимальная стратегия управления по вектору, характеризующему сложившуюся ситуацию).

Считается, что исследования в рамках этой парадигмы проведены пока недостаточно ввиду ее неисчерпаемости. Особая трудность заключается в построении моделей индуктивного обучения или,

в более широком понимании, — моделей индуктивного мышления человека.

Из чего следует исходить, приступая к моделированию индуктивного мышления?

1. Наука призвана открывать новые (не известные ранее) законы природы — законы взаимодействия объектов и явлений.

2. "Наука начинается тогда, когда начинают считать", — сказал Д. И. Менделеев. Действительно, вглядываясь в достижения мировых ученых, обнаруживаем важный факт статистического обеспечения экспериментов и выводов. Сколько раз, по известной легенде, должно было упасть яблоко на голову И. Ньютона, чтобы он сформулировал гипотезу: $F = ma$? (Ведь для подтверждения гениальной догадки яблоки должны были падать и падать!)

3. Значит, кроме статистической обработки опыта наука питается логической выводимостью новых знаний. В "простейшем" случае — это математические теоремы. На основе каких статистических оценок Д. Буль мог создать "булеву алгебру"? Да и И. Ньютон, если верить легенде, мог сделать свой вывод на основе измерения получаемой (его головой) энергии $W = mgh$. Затем, в результате аналитических выкладок, он смог перейти к столь важному основополагающему заключению. Даже в наши дни появляются факты, подтверждающие математически выведенные гипотезы большой давности.

Кстати, а почему F равно ma , а не, скажем, ma^2 ? Ведь на основе такого предположения, такой аксиоматики, вполне можно построить некоторый мир. Физики-математики это знают, препарировав вдоль и поперек второй закон механики для вывода новых знаний (учеников) о нашем мире. А по законам диалектики Гегеля все действительное логично (логически выводимо), а все логически выводимое — действительно!¹ Это что — вопрос о параллельных мирах?

Пытаясь расширить действие второго закона механики, мы можем высказать смелую гипотезу:

В Мире Божием действует закон $F = ma^R$, где R — действительное, принимающее значение от 0 до ∞ .

Мы сможем это проверить сегодня экспериментально? Но ведь возможно, что более развитые существа научились осуществлять дрейф по данному показателю степени, и нечеткие НЛО, внезапно появляющиеся и исчезающие, это демонстрируют (если это не искусный обман).

¹ Получила распространение неправильная трактовка слова "логично", воспринятое при раннем изучении трудов Гегеля как "разумно, правильно". Это слово следует воспринимать как "охватываемое разумом, логически выводимо". "Тогда фашизм разумен?!" — объясняют коммунистические идеологи исключение первой части данного тезиса из официальной марксистской философии. А. И. Герцен в "Былое и думы" объясняет "дурно понятую фразу Гегеля". Фраза "Все действительное разумно" — "иначе высказанное начало *достаточной причины* и соответственности логики и фактов".

Таким образом, мы наблюдаем неразрывную связь между дедуктивным и индуктивным мышлением, опирающуюся на многообразие законов природы. Однако важно осознать приоритет: индуктивное мышление строится на основе дедуктивного и далее питает его.

Для формального движения по замкнутому кругу способов мышления необходим формализованный язык логического вывода. Возможно, авторы языка ПРОЛОГ (в работе [8] язык хорошо освещен в учебных целях) не ожидали от него столь ценных возможностей, что оказалось на деле.

Формирование базы знаний на языке ПРОЛОГ

Как известно [8], БЗ задается множеством фактов, объединенных в процедуры, и множеством правил (вывода). Несколько отойдя от специфической терминологии, рассмотрим пример БЗ, описывающей родословную жителей далекого села, посещаемого лишь залетными молодцами (рис. 1).

Факты:

Процедура "мужчина"

мужчина (Иван)

мужчина (Василий)

мужчина (Петр)

мужчина (Федор)

мужчина (Юрий)

Процедура "женщина"

женщина (Марья)

женщина (Елена)

женщина (Ольга)

женщина (Ирина)

Процедура "родитель"

родитель (Марья, Иван) (читать: Марья родитель Иван)

родитель (Марья, Василий)

родитель (Юрий, Федор)

родитель (Елена, Федор)

родитель (Елена, Марья)

родитель (Ольга, Петр)

родитель (Ольга, Ирина)

родитель (Федор, Ирина)

родитель (Федор, Петр)

родитель (Петр, Иван)

родитель (Петр, Василий)

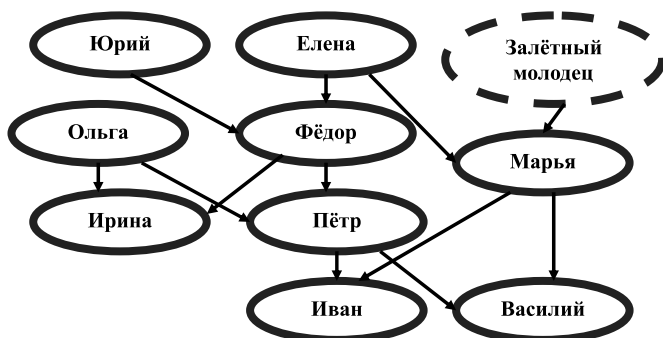


Рис. 1. Генеалогическое дерево

Правила:
мать(X, Y):- *женщина*(X), *родитель*(X, Y);
отец(X, Y):- *мужчина*(X), *родитель*(X, Y);
брат(X, Y):- *мужчина*(X), *родитель*(P, X);
родитель(P, Y), X<>Y;
сестра(X, Y):- *женщина*(X), *родитель*(P, X);
родитель(P, Y), X<>Y;
дядя(X, Y):- *брат*(X, P), *родитель*(P, Y);
тетя(X, Y):- *сестра*(X, P), *родитель*(P, Y).

Правила рекурсивно определяют понятия, которыми можно оперировать на данном уровне знаний о рассматриваемом населенном пункте. Очевидно, что расширение списка понятий, проводимое на основе анализа связей, зафиксированных в БЗ, т.е. введение новых понятий, и является целью индуктивного мышления.

Построим логические нейронные сети [5], отображающие наш объект исследования в динамике его развития. Этим мы совершим переход в область нечетких данных, столь актуальный для следственных органов.

Фактографическая нейронная сеть представлена на рис. 2. В ней выделены и те связи, которые будут доказаны ниже.

Целесообразно использовать следующую функцию активации *i*-го нейрона данной однослойной сети:

$$f_i = \begin{cases} \frac{1}{k_i} \sum_{j=1}^{k_i} v_j, & \text{если эта сумма} \geq h, \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Здесь v_j — величина возбуждения *j*-го рецептора, связанного с *i*-м нейроном, k_i — число входов этого нейрона; h — порог.

Мы видим, что, несмотря на требование (к системам принятия решений) однозначности выводов, неоднозначность в данном случае, например, о том, что Елена одновременно и бабушка, и прабабушка Ивана, также справедлива и может приниматься к действию.

На рис. 3 отображена понятийная нейронная сеть. Для сокращения числа рисунков здесь также отображены новые выводы, определяющие понятия, которые предполагается получить на основе моделирования индуктивного мышления.

Целесообразно использовать ту же функцию активации.

Дедуктивное мышление

Для проверки корректности формулировки решим задачу логического вывода методом дедуктивного мышления. Процедуры этого вывода встроены в язык ПРОЛОГ. Сформулируем цель, т.е. определим ту конкретную задачу, для решения которой достаточно (или не достаточно) имеющихся знаний.

Например, поставим целью выявление всех пар (X, Y), для которых справедливо отношение

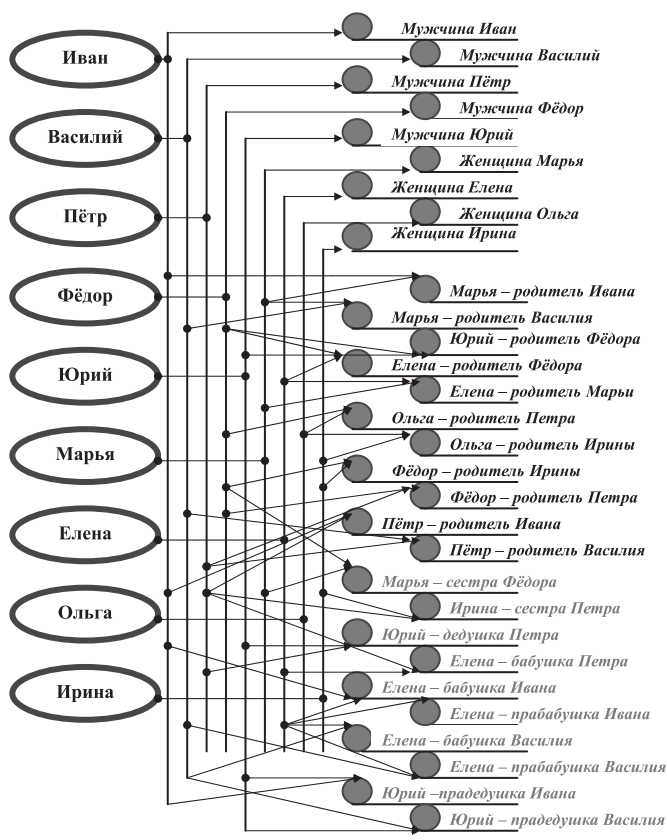


Рис. 2. Фактографическая нейронная сеть

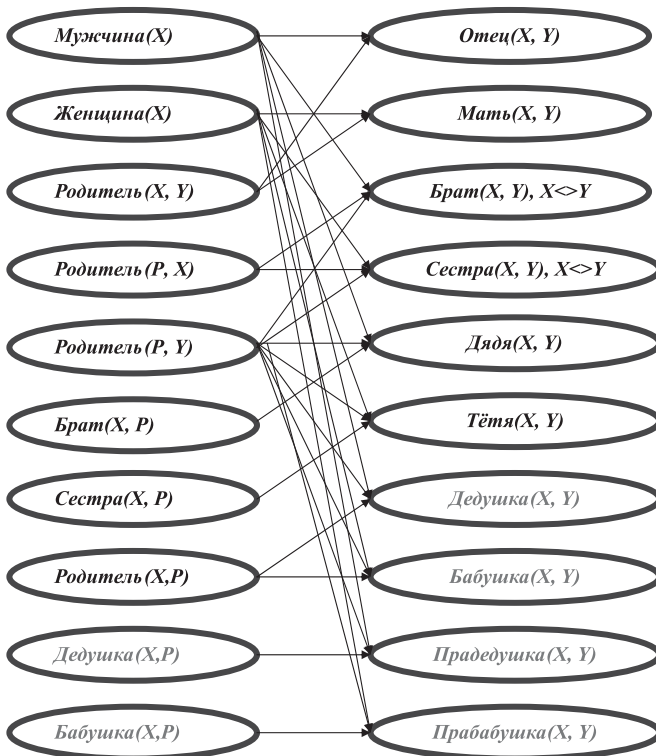


Рис. 3. Понятийная нейронная сеть

сестра(X, Y). Для этого используется метод прямого, пошагового перебора вариантов *связывания переменных*, с возвратом к предыдущему шагу в случае образующегося противоречия. Этот метод называется *backtracking*. Он воспроизводит стратегию "ветвей и границ", где "границы" определяются логически противоречивыми действиями, не допускающими развитие варианта связывания переменных. Про противоречивую попытку связывания переменного говорят: не проходит унификация. Установление факта унификации не всегда возможно "внутри" языка ПРОЛОГ. Часто должны быть привлечены другие знания "физического смысла задачи".

Расшифруем правило:

сестра(X, Y):- *женщина*(X), *родитель*(P, X);
родитель(P, Y), $X < > Y$.

Первый шаг связывания переменных — $X = \text{Марья}$. Для сокращения анализируемых при переборе записей высказывания со всеми связанными переменными исключаются. Преобразуемая далее запись принимает вид

родитель($P, \text{Марья}$), *родитель*(P, Y), $\text{Марья} < > Y$

В процедуре *родитель* находим высказывание *родитель*($\text{Елена}, \text{Марья}$) и полагаем $P = \text{Елена}$. Преобразуемая далее запись принимает вид

родитель($\text{Елена}, Y$), $\text{Марья} < > Y$.

Первое по порядку значение $Y = \text{Марья}$ приводит к противоречию. Находим другое высказывание — *родитель*($\text{Елена}, \text{Федор}$). Преобразуем запись:

$\text{Марья} < > \text{Федор}$. Унификация проходит — одна пара "сестра — брат" найдена.

Продолжим поиск других пар. На предыдущем шаге ищем другое подходящее значение P , но его нет. Возвращаемся еще на шаг назад и полагаем $X = \text{Елена}$. Преобразуемая запись принимает вид

родитель($P, \text{Елена}$), *родитель*(P, Y), $\text{Елена} < > Y$.

Получаем противоречие (не проходит унификация), так как в процедуре *родитель* нет информации о родителе Елены.

Пробуем значение $X = \text{Ольга}$. Запись принимает вид

родитель($P, \text{Ольга}$), *родитель*(P, Y), $\text{Ольга} < > Y$.

Вновь не проходит унификация, так как родители Ольги неизвестны.

Пробуем последнее значение $X = \text{Ирина}$. Запись принимает вид

Родитель($P, \text{Ирина}$), *родитель*(P, Y), $\text{Ирина} < > Y$.

Варианты связывания переменной P на данном шаге *backtracking*'а проходят унификацию лишь при $P = \text{Ольга}$. Запись принимает вид

родитель($\text{Ольга}, Y$), $\text{Ирина} < > Y$.

В процедуре *родитель* находим не исследованное ранее высказывание *родитель*($\text{Ольга}, \text{Петр}$) и полагаем $Y = \text{Петр}$. Запись вырождается: $\text{Ирина} < > \text{Петр}$, что вполне справедливо, т. е. унификация проходит.

Продолжив перебор, убеждаемся, что с данным отношением родства существуют только две пары: (Марья, Федор) и (Ирина, Петр).

На основе сделанных выводов развивается фактографическая нейронная сеть, что частично представлено на рис. 2.

Получение новых знаний методом индуктивного мышления

На основе фактов и процедуры *родитель* построим полную систему логического дедуктивного вывода. На генеалогическом дереве это соответствует всем логическим цепочкам, следующим из каждой вершины, кроме концевых:

- 1) *мужчина*(Юрий), *родитель*($\text{Юрий}, \text{Федор}$), *родитель*($\text{Федор}, \text{Ирина}$);
- 2) *мужчина*(Юрий), *родитель*($\text{Юрий}, \text{Федор}$), *родитель*($\text{Федор}, \text{Петр}$), *родитель*($\text{Петр}, \text{Иван}$);
- 3) *мужчина*(Юрий), *родитель*($\text{Юрий}, \text{Федор}$), *родитель*($\text{Федор}, \text{Петр}$), *родитель*($\text{Петр}, \text{Василий}$);
- 4) *женщина*(Елена), *родитель*($\text{Елена}, \text{Федор}$), *родитель*($\text{Федор}, \text{Ирина}$);
- 5) *женщина*(Елена), *родитель*($\text{Елена}, \text{Федор}$), *родитель*($\text{Федор}, \text{Петр}$), *родитель*($\text{Петр}, \text{Иван}$);
- 6) *женщина*(Елена), *родитель*($\text{Елена}, \text{Федор}$), *родитель*($\text{Федор}, \text{Петр}$), *родитель*($\text{Петр}, \text{Василий}$);
- 7) *женщина*(Елена), *родитель*($\text{Елена}, \text{Марья}$), *родитель*($\text{Марья}, \text{Иван}$);
- 8) *женщина*(Елена), *родитель*($\text{Елена}, \text{Марья}$), *родитель*($\text{Марья}, \text{Василий}$);
- 9) *женщина*(Ольга), *родитель*($\text{Ольга}, \text{Ирина}$);
- 10) *женщина*(Ольга), *родитель*($\text{Ольга}, \text{Петр}$), *родитель*($\text{Петр}, \text{Иван}$);
- 11) *женщина*(Ольга), *родитель*($\text{Ольга}, \text{Петр}$), *родитель*($\text{Петр}, \text{Василий}$);
- 12) *мужчина*(Петр), *родитель*($\text{Петр}, \text{Иван}$);
- 13) *мужчина*(Петр), *родитель*($\text{Петр}, \text{Василий}$);
- 14) *женщина*(Марья), *родитель*($\text{Марья}, \text{Иван}$);
- 15) *женщина*(Марья), *родитель*($\text{Марья}, \text{Василий}$).

Первая стратегия анализа логических цепочек.

Анализируя первую цепочку, видим, что она представляет собой некоторую странную конструкцию, не лишенную закономерности. Чтобы представить ее в абстрактной форме, изменим обозначение конкретных имен переменных по принципу: за крайними будем закреплять абстрактные символы X, Y, \dots , а за внутренними — символы P, Q, \dots . Тогда первая цепочка примет вид:

мужчина(X), *родитель*(X, P), *родитель*(P, Y).

Находим, что эта абстрактная конструкция при разных вариантах связывания переменных повторяется в цепочках 2, 3, 5, 6. В 2 и 3 такую конструкцию можно выделять дважды, с пересечением.

Если процедура "мужчина" при этом явно не фигурирует, она подразумевается благодаря первому вхождению мужского имени.

Тогда целесообразно столь жизненно важное отношение между объектами X и Y выделить в отдельное **правило**, придумав ему наименование:

**дедушка(X, Y):- мужчина(X), родитель(X, P),
родитель(P, Y).**

Конечно, с высоты познаний мы с некоторой иронией относимся к формализации нашего мышления. Мы-то знаем названия тех понятий, которые хотим вывести автоматически.

Новым правилом дополняем понятийную логическую нейронную сеть на рис. 3. Решив "целевую" задачу дедуктивного вывода, дополняем фактографическую логическую нейронную сеть, что частично отображено на рис. 2.

Аналогично замечаем, что абстрактная конструкция вида

женщина(X), родитель(X, P), родитель(P, Y),

впервые встретившаяся при анализе цепочки 4, тоже многократно используется в последующих логических цепочках — 5, 6, 7, 8, 10, 11.

Выбрав название (на основе детского лепета), сформулируем новое правило:

**бабушка(X):- женщина(X), родитель(X, P),
родитель(P, Y).**

Однако слишком длинными представляются нам некоторые цепочки даже после замены новыми правилами. Например, цепочка 2 принимает вид

дедушка(Юрий, Петр), родитель(Петр, Иван).

Абстрагируясь и придумав имя новому понятию, получаем новое правило:

прадедушка(X, Y):- дедушка(X, P), родитель(P, Y).

Аналогично получается правило

прабабушка(X, Y):- бабушка(X, P), родитель(P, Y).

На основе новых правил и следующих из них фактов могут быть дополнены фактографическая и понятийная нейронные сети, что частично отражено на рис. 2 и 3.

Выше говорилось, что новые знания остаются гипотезами до достаточно полного подтверждения опытом и дедуктивными рассуждениями.

Предположим, что явился (не запылел) Залетный Молодец, который сообщил Ивану, что он — его дед. Воспользуемся правилом **дедушка** и попробуем решить задачу дедукции:

**дедушка(Залетный Молодец, Иван):-
мужчина(Залетный Молодец), родитель(Залетный Молодец, P), родитель(P, Иван).**

Первое же высказывание в этой цепочке не проходит унификацию, так как в фактах нет соответ-

ствующей регистрации! Если даже будет установлено, что Залетный Молодец — мужчина, то установленное праотцовство — весьма болезненный процесс. Так что второе высказывание вряд ли пройдет унификацию, и рекомендовать Ивану проявление прародительской почтительности мы не станем. Но это доказывает весьма высокую действенность выведенного правила!

При появлении следующего поколения можно будет установить истинность и непротиворечивость выведенных выше правил.

Вторая стратегия анализа логических цепочек основана на совместном рассмотрении логических цепочек, являющихся альтернативным продолжением одна другой.

Предположим, что нам неизвестны правила **брат(X, Y)** и **сестра(X, Y)**.

При совместном анализе цепочек 1 и 2 находим, что их различие начинается с высказываний **родитель(Федор, Ирина)** (первая цепочка) и **родитель(Федор, Петр)**. Запишем в абстрактном, обобщенном виде:

**родитель(X, Y)
родитель(X, Z).**

Возникает вопрос: в каком отношении родства находятся Y и Z при общем X , если а) Y — обязательно мужчина, б) Z — обязательно женщина? Запишем проект конструируемых понятий:

**F1(Y, Z):- мужчина(Y), родитель(X, Y),
родитель(X, Z), $Y < > Z$;**

**F2(Z, Y):- женщина(Z), родитель(X, Z),
родитель(X, Y), $Z < > Y$.**

Воспользуемся где-то услышанными красивыми названиями, сменим обозначения для приведения к "стандартному" виду и запишем два новых правила:

**брат(X, Y):- мужчина(X), родитель(P, X),
родитель(P, Y), $X < > Y$;**

**сестра(X, Y):- женщина(X), родитель(P, X),
родитель(P, Y), $X < > Y$.**

Новые правила отражаются в БЗ и подтверждаются при их применении в задачах достижения цели.

На основе данного множества фактов, осуществляя стратегию совместного анализа цепочек логического вывода, можно высказать гипотезу о новых понятиях **племянник** и **племянница**:

**племянник(X, Y):- мужчина(X), родитель(P, X),
сестра(P, Y);**

**племянница(X, Y):- женщина(X), родитель(P, X),
брат(P, Y).**

Дальнейшее обобщение на базе существующих фактов невозможно.

Действительно, мы знаем, что Ирина — племянница Марьи, а Иван и Василий — племянники Федора по материнской линии. (По отцовской линии они внуки Федора.)

Следует надеяться, что с появлением новых поколений станет возможно дальнейшее обобщение, которое способно привести к неоднозначности и противоречивости выводов. Например, в дополнение к прежнему может быть сформулирован вывод

племянник(X, Y):- *мужчина*(X), *родитель*(P, X),
брат(P, Y).

Для устранения возникшего противоречия в определении *племянник* следует расширить использование в ПРОЛОГе логических операций **И** и **ИЛИ** (в "классическом" ПРОЛОГе ограниченно используется символ ; как знак дизъюнкции, а скобки в предложениях не применяются). Ведь под запятой, разделяющей высказывания в одном предложении, подразумевается конъюнкция **И**, а если использовать в предложениях символ дизъюнкции **ИЛИ**, единственное непротиворечивое правило примет вид:

племянник(X, Y):- *мужчина*(X), *родитель*(P, X),
(*брат*(P, Y) **ИЛИ** *сестра*(P, Y)).

Аналогично

племянница(X, Y):- *женщина*(X), *родитель*(P, X),
(*брат*(P, Y) **ИЛИ** *сестра*(P, Y)).

Заключение

Язык логического программирования ПРОЛОГ в основном направлен на построение дедуктивных цепочек вывода. Для этого используются встроенные программные процедуры. Однако перспективы

использования языка этим не ограничены. Можно воспроизводить принципы индуктивного мышления человека, создавать и встраивать процедуры для формирования новых знаний. Такая программная надстройка языка анализирует записи, выделяет, обобщает и именуется часто встречающиеся конструкции, дополняет ими базу знаний. Задача анализа множества логических цепочек обладает высокой сложностью, так как ее решение основано на переборе. Это иллюстрирует гигантские усилия ученого-исследователя по обнаружению и обоснованию, казалось бы, незначительной зависимости между явлениями природы.

Список литературы

1. Амосов М. Н., Байдык Т. Н., Гольцов А. Д. и др. *Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы*. Киев: Наукова думка, 1991. 269 с.
2. Пospelov Д. А. *Моделирование рассуждений: Опыт анализа мыслительных актов*. М.: Радио и связь, 1989. 184 с.
3. Пospelov Д. А. Десять "горячих точек" в исследованиях по искусственному интеллекту // *Интеллектуальные системы (МГУ)*. Т. 1. Вып. 1—4. 1996.
4. Барский А. Б. *Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений*. М.: Финансы и статистика, 2004. 175 с.
5. Барский А. Б. *Нейронные сети логического вывода. Курс лекций*. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 400 с.
6. Барский А. Б. *Математическая логика событий и логические нейронные сети // Информационные технологии. Приложение*. 2007. № 7. 32 с.
7. Барский А. Б. *Нейросетевые технологии обработки информации: учеб. пособие*. СПб: ИЦ "Интермедия". 2016. 322 с.
8. Братко И. *Программирование на языке ПРОЛОГ для искусственного интеллекта*. М.: Мир. 1990. 559 с.

A. V. Barsky, Professor, e-mail: arkbarsk@mail.ru, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT)

Simulation of Inductive Reasoning Using Inference PROLOG

In accordance with the two paradigms of artificial intelligence — the expert and student — studied the possibility of constructing models of deductive and inductive reasoning based on human inference PROLOG language. If the simulation of deductive reasoning studied enough and is the main goal of the language, the model of inductive reasoning, that is, the formation of new knowledge, offered for the first time. Its essence is as follows. According to the knowledge base consisting of facts and rules, all possible deductive inference chain built. They are detected and distinguished finished, preferably repetitive structure. Related variables are replaced by their abstract representation for the formation of a generalized type of the selected design. This creates a hypothesis about the description of the new concepts. These hypothetical concepts are named and they are the new rules that complement the knowledge base. At the same time the description of the new regulations complement the conceptual logical neural network to be able to work with fuzzy data. Practice successful, a consistent application of the new rules should confirm their high reliability.

Keywords: artificial intelligence paradigm, deductive and inductive reasoning, logic neural network, PROLOG, the logical chain

References

1. Amosov M. N., Bajdyk T. N., Gol'cov A. D. i dr. *Nejrokomп'jutery i intellektual'nye roboty*, Kiev: Naukova dumka, 1991, 269 p.
2. Pospelov D. A. *Modelirovanie rassuzhdenij: Opyt analiza myslitel'nyh aktov*, Moscow: Radio i svyaz', 1989, 184 p.
3. Pospelov D. A. Desyat "goryachih toчек" v issledovaniyah po iskusstvennomu intellektu, *Intellektual'nye sistemy (MGU)*, 1996, vol. 1, Вып. 1—4, 1996.
4. Barskij A. B. *Nejronnye seti: raspoznavanie, upravlenie, prinyatie reshenij*, Moscow: Finansy i statistika, 2004, 175 p.
5. Barskij A. B. *Nejronnye seti logicheskogo vvoda. Kurs lekcij*. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011, 400 p.
6. Barskij A. B. *Matematicheskaya logika sobytij i logicheskie nejronnye seti, Informacionnye tehnologii. Prilozhenie*, 2007, no. 7. 32 p.
7. Barskij A. B. *Nejrosetevye tehnologii obrabotki informacii: ucheb. posobie*, SPb.: IC "Intermediya", 2016, 322 p.
8. Bratko I. *Programmirovaniye na yazyke PROLOG dlya iskusstvennogo intellekta*, Moscow: Mir, 1990, 559 p.