

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

В 60-х годах XX века появился новый раздел информатики, который получил название «Искусственный интеллект». В энциклопедическом словаре написано: «Интеллект (от лат. intellectus – познание, понимание, рассудок) – способность мышления, рационального познания». В полной мере эта способность свойственна лишь людям.

Предметом изучения науки «Искусственный интеллект» является человеческое мышление. Ученые ищут ответ на вопрос: как человек мыслит? Цель этих исследований состоит в том, чтобы создать модель человеческого интеллекта и реализовать ее на компьютере.

Несколько упрощенно, вышеназванная цель звучит так:

— Научить машину мыслить.

Приступая к решению какой-то проблемы, человек часто не имеет четкой программы действий. Эту программу он строит сам в ходе работы. Например, при игре в шахматы шахматист знает правила игры, имеет цель – выиграть партию. Его действия не запрограммированы заранее. Они зависят от действий соперника, от складывающейся позиции на доске, от сообразительности и личного опыта шахматиста.

Существует много других видов человеческой деятельности, которые нельзя запрограммировать заранее. Например, сочинение музыки и стихов, доказательство теоремы, литературный перевод с иностранного языка, диагностика и лечение болезней и многое другое.

Вам хорошо известно, что любую работу компьютер выполняет по программе. Программы пишут люди, а компьютер формально их выполняет. Разработчики систем искусственного интеллекта как раз и пытаются научить машину, подобно человеку, *самостоятельно строить программу своих действий, исходя из условия задачи.* Можно еще сказать так: ставится цель превращения компьютера из формального исполнителя в интеллектуального исполнителя. Различие между тем и другим отражено на рис. 1.

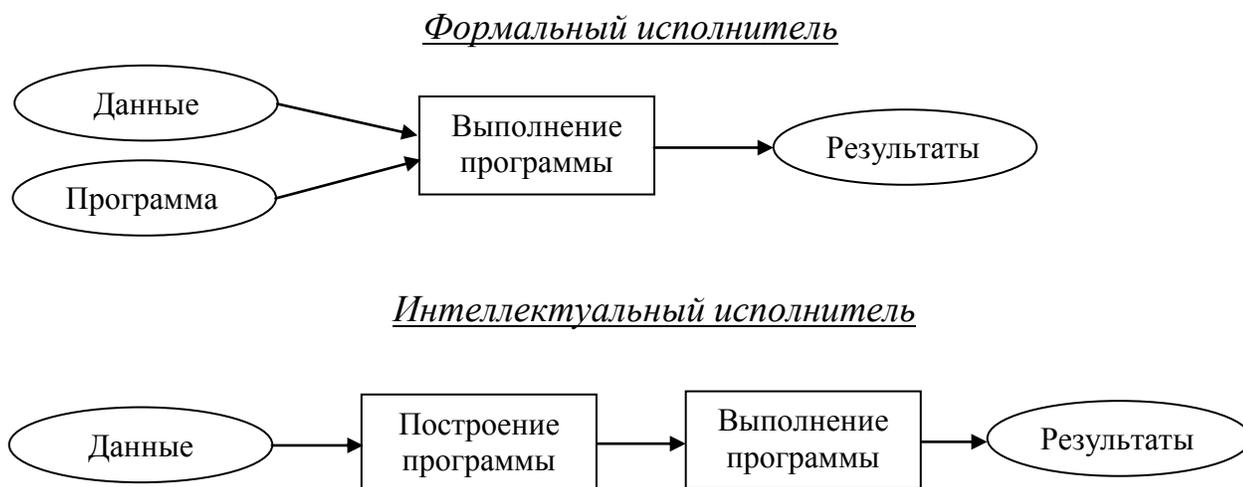


Рис. 1. Модель функционирования формального и интеллектуального исполнителя

Любая система искусственного интеллекта работает в рамках какой-то определенной *предметной области* (медицинская диагностика, законодательство, математика, экономика и пр.). Подобно специалисту, компьютер должен обладать знаниями в данной области.

*Знания в конкретной предметной области, определенным образом формализованные и заложенные в память ЭВМ, называются **компьютерной базой знаний**.*

Например, вы хотите применить компьютер для решения задач по геометрии. Если в задачнике имеется 500 задач разного содержания, то при традиционном использовании компьютера придется написать 500 программ. Если же за эту проблему возьмется специалист по искусственному интеллекту, то он подойдет к ней совершенно иначе. Он заложит в компьютер знания геометрии (как закладывают в вас знания учителя). На основе этих знаний и с помощью специального алгоритма логических рассуждений компьютер решит любую из 500 задач. Для этого будет достаточно сообщить ему лишь условие задачи.

Системы искусственного интеллекта работают на основе заложенных в них баз знаний.

Каждый школьник знает, что для решения любой задачи мало помнить правила, законы, формулы, но еще нужно уметь мыслить, рассуждать, применять эти знания.

Человеческое мышление основано на двух составляющих: запасае знаний и способности к логическим рассуждениям.

Отсюда вытекают две основные задачи при создании интеллектуальных систем на компьютере:

- *моделирование знаний* (разработка методов формализации знаний для ввода их в компьютерную память в качестве базы знаний);
- *моделирование рассуждений* (создание компьютерных программ, имитирующих логику человеческого мышления при решении разнообразных задач).

Одним из видов систем искусственного интеллекта являются *экспертные системы*. Обычно словом «эксперт» называют человека, обладающего большими знаниями и опытом в определенной области. В компьютерные экспертные системы закладываются знания такого уровня.

Назначение экспертных систем – консультации пользователя, помощь в принятии решений. Особенно важной становится такая помощь в экстремальных ситуациях, например в условиях технической аварии, экстренной операции, при управлении транспортными средствами. Компьютер не подвержен стрессам. Он быстро найдет оптимальное, безопасное решение и предложит его человеку. Однако окончательное решение принимает человек.

К о р о т к о о г л а в н о м

Искусственный интеллект (ИИ) – это раздел информатики. Предмет изучения ИИ – человеческое мышление; цель – создание интеллектуальных систем на компьютере.

Примеры областей, в которых создаются системы искусственного интеллекта: шахматы и другие игры, сочинение стихов и музыки, перевод текстов с одного языка на другой, робототехника, криминалистика (идентификация отпечатков пальцев и пр.), медицинская диагностика.

Системы искусственного интеллекта работают на основе заложенных в них знаний в определенной области. Модель знаний, заложенная в память ЭВМ, называется *компьютерной базой знаний*.

Человеческое мышление основано на двух составляющих: запасе знаний и способности к логическим рассуждениям.

В системах ИИ реализована модель рассуждений (человеческой логики). На основе базы знаний и модели рассуждений система ИИ сама программирует свою работу при решении любой задачи.

Экспертная система – это система ИИ, заключающая в себе знания и опыт специалиста-эксперта в данной предметной области.

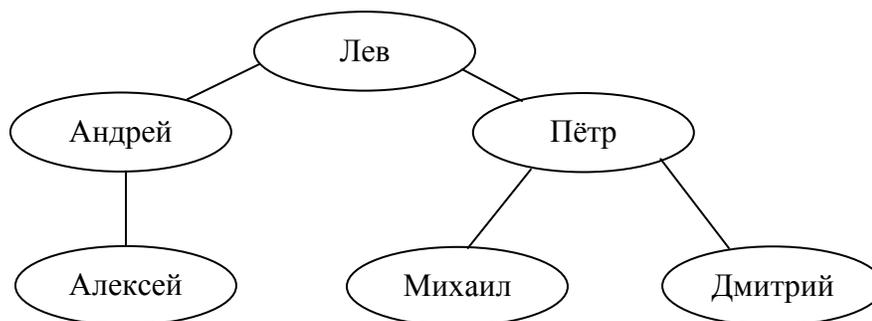
Вопросы и задания

1. Когда возникло в информатике направление под названием «Искусственный интеллект»?
2. Что является предметом исследований и целью разработок в области искусственного интеллекта?
3. Приведите примеры областей, для которых создаются системы искусственного интеллекта.
4. Почему компьютерную интеллектуальную систему можно назвать неформальным исполнителем?
5. Что такое база знаний?
6. Что такое модель рассуждений?
7. Что такое экспертная система? Для каких целей создаются экспертные системы?

О Б А З А Х З Н А Н И Й

Вы уже знакомы с понятием «база данных». *База данных* (БД) – это информационная модель некоторой реальной системы в памяти компьютера. Выше было сказано, что *база знаний* (БЗ) – это модель знаний человека в определенной предметной области. Покажем разницу между БД и БЗ на конкретном примере.

Рассмотрим этот вопрос на примере родственных связей между мужчинами одной семьи. Вот как они выглядят в графической форме родословного дерева:



Родословное дерево

Здесь линии обозначают связь между отцом (на верхнем уровне) и сыном (на нижнем уровне).

Таблица 1. Родственные связи

<i>Мужчина</i>	<i>Сыновья</i>	<i>Отец</i>	<i>Дедушка</i>	<i>Братья</i>	<i>Дяди</i>	<i>Племянники</i>	<i>Внуки</i>
Лев	Андрей, Петр	не знаю	не знаю	не знаю	не знаю	не знаю	Алексей, Михаил, Дмитрий
Андрей	Алексей	Лев	не знаю	Петр	не знаю	Михаил, Дмитрий	нет
Петр	Михаил, Дмитрий	Лев	не знаю	Андрей	не знаю	Алексей	нет
Алексей	нет	Андрей	Лев	нет	Петр	нет	нет
Михаил	нет	Петр	Лев	Дмитрий	Андрей	нет	нет
Дмитрий	нет	Петр	Лев	Михаил	Андрей	нет	нет

В таблице 1. информация о родственных связях между этими же мужчинами представлена в развернутом виде.

Используя СУБД реляционного типа, на основе этой таблицы нетрудно создать реляционную базу данных. Обращаясь к ней с запросами, можно определить, кто кому приходится отцом, дедушкой, братом. Данная таблица представляет собой *информационную модель объекта «семья»*.

Теперь перейдем к построению базы знаний. *Предметной областью здесь являются родственные связи между мужчинами одной семьи.*

В искусственном интеллекте существуют различные виды моделей знаний. Мы рассмотрим только один из них, который называется *логической моделью знаний*. Этот подход используется в *системе программирования ПРОЛОГ*. Согласно логической модели, *база знаний состоит из фактов и правил.*

Вот состав базы знаний «Родственники»:

Факты:

Лев – отец Андрея;
Лев – отец Петра;
Андрей – отец Алексея;
Петр – отец Михаила;
Петр – отец Дмитрия.

Правила:

всякий мужчина – сын своего отца;
дедушка – отец отца;
братья – сыновья одного отца;
дядя – брат отца;
племянник – сын брата;
внук – сын сына.

Исходя из данных фактов и правил, можно путем логических рассуждений установить все виды родственных связей между мужчинами этой семьи.

Обратите внимание на две особенности базы знаний:

- факты носят частный характер, а правила – общий (справедливы для любой семьи);
- в БЗ включены только *основополагающие факты*. Действительно, достаточно знать, кто кому приходится отцом, чтобы, используя правила, определить другие родственные связи. На основе подобной базы знаний можно построить экспертную систему в области родственных отношений между мужчинами. Чтобы использовать ее по отношению к другой семье, достаточно заменить список фактов, а правила, естественно, останутся прежними.

Сравнивая БД с БЗ приходим к выводу: *база данных содержит только факты, база знаний – факты и правила.*

А теперь дадим общее определение понятиям «факт» и «правило».

Факт – это сообщение (информация) о конкретном событии, о свойстве конкретного объекта, о его связи с другими объектами.

Например, фактами являются следующие утверждения:

- сосна – хвойное дерево;
- Колумб открыл Америку в 1492 году;
- плотность воды равна 1 г/см³;
- царь Соломон – сын царя Давида;
- Лев Толстой – русский писатель.

Правило – это утверждение, обладающее большей общностью, чем факт. Правила определяют одни понятия через другие, устанавливают взаимосвязь между различными свойствами объектов, формулируют законы природы или общества.

База знаний – это совокупность основополагающих фактов и правил в определенной предметной области.

Рассмотренный нами пример очень простой. Здесь нетрудно догадаться о том, какие факты являются основополагающими, и сформулировать полный набор правил. В более сложных предметных областях эта задача много труднее. Часто решить ее по силам оказывается только крупному специалисту (эксперту) или коллективу специалистов, обладающих большими знаниями в данной области.

С недавних пор появилась новая специальность «инженер по знаниям», задача которого – формализация знаний, разработка баз знаний и создание на их основе систем искусственного интеллекта.

К о р о т к о о г л а в н о м

Логическая модель знаний в определенной предметной области представляется базой знаний, составленной из фактов и правил.

Факт – это информация о конкретном событии, о свойстве конкретного объекта, о его связи с другими объектами.

Правила определяют одни понятия через другие, устанавливают взаимосвязь между различными свойствами объектов, формулируют законы природы или общества.

База знаний включает в себя лишь основополагающие факты для данной предметной области.

Вопросы и задания

1. Что такое факт? Что такое правило?
2. В чем различие между базой данных и базой знаний?
3. Определите, какие из следующих утверждений являются фактами, а какие – правилами:
 - у Сережи насморк, кашель, повышенная температура, головная боль;
 - если у человека повышенная температура, тошнота и боли в желудке, то у него пищевое отравление;
 - если у человека насморк, кашель, повышенная температура, головная боль, то у него ОРЗ;
 - у Кати повышенная температура, тошнота, боли в желудке.К какой предметной области относятся эти факты и правила? Какой диагноз можно поставить Сереже и Кате?
4. Для следующих предметных областей сформулируйте несколько примеров фактов и правил:

- погода;
 - математика;
 - спортивные соревнования;
 - торговля.
5. Какие изменения следует внести в реляционную БД, представленную в таблице 9.1, и в БЗ «Родственники» в следующих ситуациях:
- у Андрея родился сын Сергей;
 - у Михаила родился сын Олег;
 - требуется отразить родственную связь «кузен» (двоюродный брат);
 - требуется отразить родственную связь «прадедушка».

БАЗА ЗНАНИЙ НА ПРОЛОГЕ

Для построения баз знаний, а также создания на их основе разнообразных систем искусственного интеллекта существует специальное программное обеспечение. Одним из известных средств такого рода является *система ПРОЛОГ*. ПРОЛОГ – язык логического программирования (logic programming language) разработан в 70-х годах во Франции. Появление этого языка связано с первыми работами в области создания искусственного интеллекта. Система Пролог – это программное обеспечение для разработки программ на языке Пролог.

Запишем базу знаний «Родственники» по правилам Пролога. Сначала научимся записывать **факты**. Ниже показано, как утверждения на естественном языке представляются в форме фактов на Прологе:

<u>Естественный язык</u>	<u>Пролог</u>
Лев – отец Андрея	отец(«Лев», «Андрей»)
Лев – отец Петра	отец(«Лев», «Петр»)
Андрей – отец Алексея	отец(«Андрей», «Алексей»)
Петр – отец Михаила	отец(«Петр», «Михаил»)
Петр – отец Дмитрия	отец(«Петр», «Дмитрий»)

В данном примере факты устанавливают **отношения** между двумя мужчинами. Имя отношения **«отец»**. Слова, записанные в скобках, называются **аргументами**.

В языке Пролог конструкция вида

<имя> (<аргументы>)

носит название **«предикат»**. Если аргументы обозначают конкретные объекты (людей, предметы и пр.), то такой предикат описывает факт. Все факты в нашем примере имеют имя «отец», а «Лев», «Андрей», «Петр» и др. – аргументы.

Имена людей, названия предметов и другие слова, обозначающие какие-то конкретные объекты, называются в Прологе **символьными константами**. Договоримся о следующих синтаксических правилах: символьные константы можно писать в кавычках, можно без кавычек. Но в последнем случае употребляются только строчные (маленькие) буквы. Поскольку по правилам грамматики имена собственные пишутся с прописной (заглавной) буквы, то их следует писать в кавычках: «Петр», «Михаил» и др. Имя предиката будем писать всегда строчными буквами.

В общем случае факт может содержать произвольное количество аргументов (0, 1, 2,...). Если факт содержит несколько аргументов, то его смысл зависит от порядка записи

аргументов. Например, факты *отец («Лев», «Андрей»)* и *отец («Андрей», «Лев»)* имеют разный смысл. В нашем примере первый факт имеет место, второй – нет. Первый аргумент отвечает на вопрос «кто (что)?» второй – «по отношению к кому (чему)?»

Теперь познакомимся с представлением **правил** на Прологе. Сначала запишем правило, определяющее понятие «сын». Его можно сформулировать так:

«А является сыном для В, если В является отцом для А».

Здесь под А и В понимаются любые мужские имена. На Прологе это запишется следующим образом:

сын(А,В) :- отец(В, А).

Простейшее правило на Прологе записывается в виде двух предикатов, соединенных знаком «:-», который читается «если». Предикат, записанный слева от «:-» называется заголовком (головой) правила. Часть правила, стоящая после знака «:-», называется телом правила. Всякое правило обозначает следующее:

если имеет место *тело* правила, **то** справедлив *заголовок*.

В терминологии Пролога А и В называются **переменными**. Переменная может обозначаться одной прописной (заглавной) буквой или словом, начинающимся с прописной буквы. В данном примере А и В обозначают любое мужское имя. По смыслу переменная может быть заменена на неопределенное местоимение: кто-то, что-то, некто, нечто и т.п.

Правила обладают большей общностью, чем факты, и обычно содержат переменные. Попробуем добавить в базу знаний «Родственники» правило, определяющее, кто есть дедушка. Понятно, что Лев является дедушкой Алексею потому, что Андрей – отец Алексея, а Лев – отец Андрея. Используя понятие переменной, можно сказать иначе:

«Х является дедушкой для Y, если Х является отцом для Z и Z является отцом для Y».

Таким образом, тело правила состоит из двух отношений, соединенных связкой «и». На Прологе это запишется так:

дедушка (X,Y) :- отец (X,Z) , отец (Z,Y).

В этой записи роль связки «и» играет запятая «,».

Здесь мы опять встречаемся с элементом, знакомым из темы о базах данных. Фактически правая часть приведенного выше правила является сложным логическим выражением. В нем используется операция логического умножения (и). Если одновременно истинны отношения *отец (X,Y)* и *отец (Y,Z)*, то истинным является и отношение *дедушка (X,Z)*. Вспомним, что в математической логике логическое умножение называется *конъюнкцией*. Следовательно, *запятая в Прологе используется как знак конъюнкции*.

Имея определение «дедушка», сформулируем правило, определяющее, кто такой внук:

внук (X,Y) :- дедушка (Y,X).

А теперь дадим определение, кто такой брат. Имея уже достаточный опыт, мы можем сформулировать его так: X является братом для Y, если Z является отцом одновременно для X и для Y.

брат (X,Y) :- отец (Z,X) , отец (Z,Y).

Однако из этого правила следует, что каждый мужчина является братом самому себе. Чтобы это исключить, в тело правила нужно добавить еще одно условие: переменные X и Y имеют разные значения. Правило принимает следующий вид:

брат (X,Y) :- отец (Z,X) , отец (Z,Y), X<>Y.

Третьим элементом в теле этого правила является *отношение неравенства*. Правило означает: X является братом для Y, если Z является отцом для X и Z является отцом для Y и

X не равно Y. Неравенство X и Y как раз и обозначает, что имена у братьев должны быть разными.

В Прологе допускается употребление всех видов сравнительных отношений: равно (=), не равно (\neq), больше ($>$), меньше ($<$), больше или равно (\geq), меньше или равно (\leq). С этими понятиями вы уже встречались в базах данных. Сравнение символьных величин на «больше-меньше» происходит с учетом алфавитной последовательности букв.

Определим отношение «дядя» – брат отца. Значит, X является дядей для Y, если X – брат отца Y. То же на Прологе:

дядя(X,Y) :- брат(X,Z), отец(Z,Y).

Запишем теперь в окончательном виде базу знаний «Родственники». Кроме рассмотренных, добавим в нее еще правила, определяющие отношения племянник, кузен (двоюродный брат), которые достаточно очевидны.

Факты:

отец(«Лев», «Андрей»).

отец(«Лев», «Петр»).

отец(«Андрей», «Алексей»).

отец(«Петр», «Михаил»).

отец(«Петр», «Дмитрий»).

Правила:

сын(X,Y) :- отец(Y,X).

дедушка (X,Y) :- отец (X,Z) , отец (Z,Y).

внук (X.Y) :- дедушка (Y.X).

брат (X,Y) :- отец (Z,X) , отец (Z,Y), X \neq Y.

дядя(X,Y) :- брат(X,Z), отец(Z,Y).

племянник(X,Y) :- дядя(Y,X).

кузен(X,Y) :- сын(X,Z), дядя(Z,Y).

Теперь можно сказать, что база знаний «Родственники» построена полностью. В рамках рассмотренной нами семьи учтены все виды родственных связей по мужской линии.

К о р о т к о о г л а в н о м

ПРОЛОГ – язык логического программирования. Применяется для разработки систем искусственного интеллекта.

В языке Пролог конструкция вида <имя> (<аргументы>) носит название предикат. Если аргументы обозначают конкретные объекты (людей, предметы и пр.), то такой предикат описывает факт.

Правила в Прологе записываются в форме: <заголовок> :- <тело> и обозначают следующее: если имеет место <тело> правила, то справедлив <заголовок>.

Тело правила может содержать конъюнкцию. В Прологе конъюнкция обозначается запятой.

В формулировках правил можно употреблять любые сравнительные отношения (=, \neq , $<$, $>$, \leq , \geq).

Вопросы и упражнения

1. Для чего предназначен язык Пролог?
2. Как в Прологе записываются факты?

3. Как в Прологе записываются правила?

4. Добавьте к БЗ «Родственники» факты и правила, отражающие новые сведения об этой семье в связи со следующими событиями:

– у Андрея родился сын Сергей;

– у Михаила родился сын Олег.

5. Опишите на Прологе базу знаний, отражающую родственные отношения между женщинами трех поколений в одной семье.

ЗАПРОСЫ К БАЗЕ ЗНАНИЙ

В терминологии Пролога запрос к базе знаний называется **целью**. Может быть сформулировано *два типа целей* (запросов):

1. *Подтвердить справедливость факта*; в результате получается ответ «да», если факт содержится в базе знаний или выводится (доказывается) с использованием предложений базы знаний; в противном случае получается ответ «нет».

2. *Перечислить все значения переменных, указанных в запросе, удовлетворяющих фактам и правилам базы знаний*.

Запись цели будем начинать со знака вопроса (?), как это принято в некоторых версиях Пролога.

Вот *вопрос первого типа* к БЗ «Родственники», сформулированный в разговорной форме:

Является ли Лев отцом Андрею?

На Прологе соответствующая цель пишется так:

? отец («Лев», «Андрей»).

Ответ будет положительный: «да», поскольку такой факт содержится в базе знаний.

Ответ на следующий вопрос:

? внук («Алексей», «Лев»)

будет также положительный. При этом система Пролог проанализирует правила и факты базы знаний и, установив искомую связь, выведет ответ «да». На вопрос же

? сын («Дмитрий», «Андрей»),

то есть является ли Дмитрий сыном Андрея, будет получен ответ «нет».

А теперь сформулируем *цели второго типа*. Пусть, например, нам требуется получить список имен всех детей Петра. Вопрос запишется так:

? отец («Петр», X).

Пролог выдаст ответ в следующем виде:

X = Михаил

X = Дмитрий.

Тот же самый вопрос можно сформулировать и иначе:

? сын(X, «Петр»).

Ответ будет тот же, что и выше.

Поскольку имя переменной может быть многосимвольным (главное, чтобы начиналось с прописной буквы), то этим можно воспользоваться для получения более наглядного ответа. По следующему запросу будут выведены все пары имен отец-сын:

? отец(Отец, Сын).

Результат:

Отец=Лев, Сын=Андрей

Отец=Лев, Сын=Петр
Отец=Андрей, Сын=Алексей
Отец=Петр, Сын=Михаил
Отец=Петр, Сын=Дмитрий.

Конъюнкция используется не только в формулировке правил, но и при записи целей. Предположим, нужно узнать, действительно ли Лев имеет двух сыновей по имени Андрей и Петр? Это запрос первого типа, дающий ответ «да» или «нет».

? отец(«Лев», «Андрей»), отец(«Лев», «Петр»).

Ответ будет положительный.

Другой пример. Требуется перечислить имена внуков Льва, которые являются сыновьями Петра:

? внук(X, «Лев»), сын(X, «Петр»).

Ответ будет:

X = Михаил
X = Дмитрий.

А теперь обратимся к БЗ с запросом:

? брат(X,Y),

то есть мы хотим перечислить все пары братьев. Ответ будет таким:

X=Андрей, Y=Петр
X=Петр, Y=Андрей
X=Дмитрий, Y=Михаил
X=Михаил, Y=Дмитрий.

Каждая пара повторяется дважды в разном порядке. Чтобы избавиться от повторений, цель можно сформулировать так:

? брат(X,Y), X<Y

Ответом будет:

X=Андрей, Y=Петр
X=Дмитрий, Y=Михаил.

Отношение X<Y требует, чтобы значения переменных X и Y располагались в алфавитном порядке.

Рассмотрим еще один запрос к БЗ «Родственники». Нужно выяснить, кто является одновременно братом и племянником. Если цель поставить следующим образом:

? брат(X,Y), племянник(X,Z),

то в результате получим:

X=Михаил, Y= Дмитрий, Z=Андрей
X=Дмитрий, Y=Михаил, Z=Андрей.

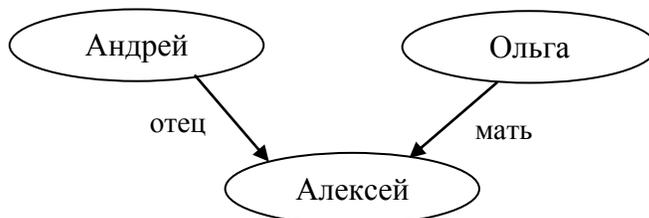
На запросы второго типа Пролог выдает все значения переменных, упомянутых в формулировке цели. В данном случае искомым ответом является значение переменной X. Информация о брате (Y) и дяде (Z) – избыточна. Но если запрос построить в такой форме:

? брат(X, _), племянник(X, _),

то ответом будет: X=Михаил X=Дмитрий.

Здесь дважды использован «пустой» аргумент, отмечаемый символом подчеркивания «_». Пустой аргумент обозначает любое значение. Запрос можно переформулировать так: найти X, который является братом кому угодно и племянником кому угодно. Поскольку в формулировке цели присутствует только одна переменная (X), то ее значение и выводится.

Рассмотрим еще один пример с информацией о родственных отношениях, представленных следующим графом:



Очевидно, в базу знаний войдут два факта:

отец(«Андрей», «Алексей»)
мать(«Ольга», «Алексей»).

А теперь определим отношение «сын» в форме правила. Человек является сыном как матери, так и отцу. Поэтому формально можно сказать так: «X является сыном для Y, если Y является отцом для X **или** Y является матерью для X».

Здесь возникает *логическая связка «или»*, которой нет в стандарте Пролога (в Турбо-Прологе она есть). Тем не менее, из положения можно выйти, дважды сформулировав правило, определяющее отношение сын:

сын(X,Y) :- отец(Y,X)
сын(X,Y) :- мать(Y,X).

Теперь на вопрос к этой базе знаний ***?сын(X, «Ольга»)*** получим ответ: X=Алексей. А на вопрос ***?сын(X, «Андрей»)*** ответ будет X=Алексей. На вопрос

?сын(X,Y)

получим ответ

X=Алексей, Y=Андрей

X=Алексей, Y=Ольга.

Алгоритм, по которому система Пролог ищет в базе знаний ответы на поставленные вопросы, называется ***механизмом вывода Пролога.***

К о р о т к о о г л а в н о м

Запрос к базе знаний в Прологе называется целью. Существует два вида целей:

- подтвердить справедливость факта (да, нет);
- перечислить все значения переменных, указанных в запросе, удовлетворяющих фактам и правилам базы знаний.

В формулировке цели можно использовать конъюнкцию и сравнительные отношения.

Пустой аргумент в формулировке цели обозначает любое значение в соответствующей позиции.

Механизм вывода – это алгоритм поиска ответов на запросы к базе знаний.

Вопросы и задания

1. Что такое цель? Какие типы целей существуют в Прологе?
2. В чем разница между следующими двумя записями:
геолог («Петр»)

?геолог («Петр»)

3. Какие будут получены ответы на следующие запросы к базе знаний «Родственники»:

? племянник (X,Y)

? племянник (X,_)

? дядя (X, «Алексей»)

? дядя(X,_)

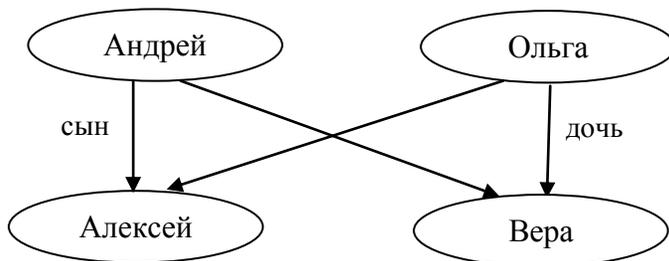
4. Опишите базу знаний, содержащую сведения об успеваемости нескольких учеников вашего класса, в которой факты сформулированы по следующему образцу:

оценка («Саша», история, 4)

оценка («Нина», алгебра, 5)

Запишите правила, определяющие понятия: отличник (ученик, имеющий «5» по всем предметам); двоечник (ученик, имеющий хотя бы одну двойку); математик (ученик, у которого по алгебре и геометрии только «4» и «5»). Сформулируйте к этой базе ряд вопросов первого и второго типов.

5. Дана система родственных связей:



Опишите базу знаний, включающую в себя следующие понятия: муж, жена, сын, дочь, мать, отец, брат, сестра, пол. Выберите из них три основополагающие понятия и опишите в форме фактов. Остальные понятия сформулируйте в виде правил. Протестируйте правильность базы знаний.