

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Интеллектуальные информационные системы»
для студентов направления подготовки
09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Профиль «Прикладное программирование и интернет-технологии»

Ставрополь, 2026

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ БАЗЫ ДАННЫХ НА ЯЗЫКЕ ПРОЛОГ

1. Цель работы

Исследование простейших средств вывода систем логического программирования. Изучение средств представления фактов и запросов на языке Пролог.

2. Варианты заданий

Разработать и представить простейшую реляционную базу данных по указанной тематике на языке Пролог. Реализовать полученную БД, составить и выполнить около десяти различных запросов к ней, используя данные о:

- 1) студентах;
- 2) предприятиях;
- 3) кораблях;
- 4) телефонах;
- 5) футболистах;
- 6) компьютерах;
- 7) животных;
- 8) магазинах;
- 9) холодильниках;
- 10) программном обеспечении;
- 11) журналах;
- 12) работниках предприятия;
- 13) склада готовой продукции;
- 14) автомобилях;
- 15) зданиях;
- 16) принтерах;
- 17) самолетах;
- 18) мебели;
- 19) родственных отношениях;
- 20) модемах;
- 21) оборудовании предприятия;
- 22) вертолетах;
- 23) книгах;
- 24) продуктах питания;
- 25) растениях;
- 26) одежде;
- 27) телевизорах;
- 28) сканерах;

- 29) домашних животных;
- 30) стройматериалах.

3. Основные положения

3.1. Общие сведения о языке Пролог

Язык Пролог был разработан в начале семидесятых годов. Само название этого языка определяет его суть - язык логического программирования. Пролог является уникальным языком программирования, хотя некоторые его возможности присущи и другим языкам программирования. Так механизм работы со списками Пролог унаследовал от Лиспа, но он обеспечивает новый уровень абстракции: если Лисп скрывает от программиста организацию памяти, то Пролог, кроме того, позволяет не заботиться о потоке управления. Это объясняется тем, что программа на Прологе интерпретируется двояко: как декларативное описание некоторых закономерностей, составляющих спецификацию задачи, и как описание процедур, определяющих ход решения задачи.

Пролог основан на формальной логике предикатов, обеспечивающей удобные средства для представления знаний в виде фактов и правил. Исследователи этого языка считают, что самое точное определение Пролога - язык предикатов. Программа на Прологе описывает не процедуру решения задачи, а логическую модель предметной области - некоторые факты, касающиеся свойств предметной области и отношений между этими свойствами, а также правила вывода новых свойств и отношений по уже заданным.

Существует много различных версий языка Пролог, такие как Turbo и Arity Prolog, Visual Prolog. В настоящее время наиболее широкое применение получил Visual Prolog. Язык Пролог был разработан в начале семидесятых годов. Само название этого языка определяет его суть - язык логического программирования. Пролог является уникальным языком программирования, хотя некоторые его возможности присущи и другим языкам программирования. Так механизм работы со списками Пролог унаследовал от Лиспа, но он обеспечивает новый уровень абстракции: если Лисп скрывает от программиста организацию памяти, то Пролог, кроме того, позволяет не заботиться о потоке управления. Это объясняется тем, что программа на Прологе интерпретируется двояко: как декларативное описание некоторых закономерностей, составляющих спецификацию задачи, и как описание процедур, определяющих ход решения задачи.

Несмотря на то, что Пролог базируется на ограниченном наборе механизмов, включающих в себя сопоставление образцов, древовидное представление структур данных и автоматический возврат, этот небольшой набор образует удивительно мощный и гибкий программный аппарат. Особенно хорошо Пролог приспособлен для решения задач, в которых фигурируют объ-

екты и отношения между ними.

3.2. Объекты данных языка Пролог

Все объекты данных в Прологе представляют собой *термы*. На рисунке 1 приведена классификация объектов данных языка Пролог.

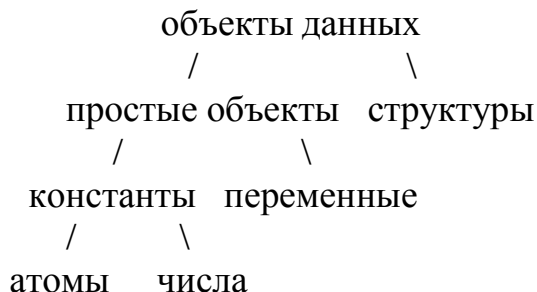


Рисунок 1 - Объекты данных языка Пролог

Атом представляет собой некоторый статический объект данных (минимальную неделимую единицу языка) и описывается с помощью цепочки символов, либо состоящей из букв латинского алфавита, цифр и символа подчеркивания, и начинающуюся со строчной буквы, либо с помощью последовательности любых символов, заключенной в двойные кавычки. Например,

anna
x_y_Z_d
“Masha”
“Petya_I_Vasya”

Числа в Прологе могут быть целыми или вещественными.

Переменная - это некоторый объект данных, который в процессе выполнения программы может изменять свое значение. Имя переменной представляет собой цепочку символов, состоящую из букв, цифр и символов подчеркивания, которая должна начинаться с прописной буквы или символа подчеркивания. В программах можно также использовать анонимную переменную, которая записывается в виде одного символа подчеркивания. Например,

X
Ura_Poluchilos
_nu_i_cho_s_togo

Структуры - объекты, состоящие из нескольких простых компонент. Для того, чтобы объединить объекты в структуру, необходим *функтор*. На-

пример в структуре, `data(month, day, Year)`, функтор `data` объединяет атомы `month` и `day`, а также переменную `Year`.

3.3. Структура программы на языке Пролог

Программа на языке Пролог представляет собой совокупность утверждений, являющихся дизъюнктами Хорна. В конце утверждения ставится точка. Утверждения в языке Пролог бывают двух видов: факты и правила. Факты описывают утверждения, которые представляют собой истинное утверждение. Например, тот факт, что Вася является родителем Пети на Прологе можно отобразить следующим образом:

```
parent (vasya, petya).
```

Правило представляет собой утверждение, истинность которого зависит от некоторых условий. Например, если существует отношение родитель (`parent`), то всегда можно определить отношение потомок (`descendant`)

```
descendant(X,Y):-parent(Y,X).
```

"X является потомком Y, если Y является родителем X". Символ `:-` обозначает импликацию. Когда определена совокупность фактов и правил, представляющих собой базу данных, к Пролог системе можно обращаться с вопросами. В качестве ответа на вопрос выдается ответ «Да» или «Нет», либо выдаются все возможные значения переменных, используемых в вопросе. Например, на вопрос

```
parent(vasya,X).
```

Пролог выдаст ответ: `X=petya`.

Любое предложения языка Пролог состоит из головы и тела. *Тело* - это список целей, разделенных запятыми (знак, обозначающий конъюнкцию). В целом, программирование на Прологе заключается в определении отношений и постановке запросов, касающихся этих отношений. *Процедура* - это множество предложений об одном и том же отношении. Совокупность отношений представляет собой *базу данных*. С помощью запросов можно извлекать различную информацию из базы данных.

Программа на Visual Prolog представляет собой совокупность нескольких разделов. В раздел **PREDICATES** объявляются прототипы фактов и правил, которые будут использоваться в программе. При этом необходимо указать количество параметров и их тип. Типы данных в Visual Prolog такие же, как и в языке Common Lisp. Если перед объявлением предложения указывается одно из ключевых слов **determ** и **nondeterm**, то это означает, что предложение представляет собой детерминированное и недетерминированное

правило соответственно. Детерминированное правило позволяет находить только одно решение, недетерминированное – много.

Описание фактов и правил осуществляется в разделе **CLAUSES**. При описании фактов и правил необходимо соблюдать количество и тип переменных или констант, используемых в правиле. Вопрос задается в разделе **GOAL** в виде факта. Ниже приведен пример программы на Visual Prolog.

PREDICATES

likes(symbol,symbol)

CLAUSES

likes(ellen,tennis).

likes(john,football).

likes(tom,baseball).

likes(eric,swimming).

likes(mark,tennis).

GOAL

likes(tom, baseball).

4. Порядок выполнения работы

1. Разработать реляционную БД в соответствии с вариантом задания.
2. Реализовать полученную базу данных на языке Пролог.
3. Составить десять различных вариантов запросов к БД.
4. Зафиксировать ответы на составленные запросы.
5. Изменить порядок следования фактов в программе.
6. Зафиксировать ответы на те же вопросы, что и в пункте 4.
7. Объяснить полученные результаты.

5. Контрольные вопросы

1. Назовите основные объекты данных языка Пролог.
2. Что представляют собой константы языка Пролог.
3. Какие имена могут принимать переменные в Прологе.
4. Что такое структура, функтор, терм языка Пролог.
5. Что называется предложением, фактом, правилом, процедурой и вопросом в терминах языка Пролог.
6. Как обозначаются импликация и конъюнкция в Прологе.
7. Каким образом описываются реляционные базы данных в языке Пролог.
8. Объясните механизм вывода, реализованный в Пролог-системе.
9. Что называют дизъюнктами Хорна.
10. Что такое резолюция.
11. Объясните принцип резолюций.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТЕЙШЕЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

1. Цель работы

Исследование и разработка простейшей экспертной системы. Изучение понятий сопоставления и конкретизации переменных в Прологе. Декларативная и процедурная семантика.

2. Варианты заданий

Представить приведенную ниже логическую задачу в виде предикатов и фактов на языке Visual Prolog, составить целевое утверждение и ответить на вопрос задачи.

1. Известно, что Единорог лжет по понедельникам, вторникам и средам и говорит правду во все остальные дни недели. Он может сказать: "Вчера я лгал. После завтрашнего дня я буду лгать два дня подряд": В какой день Единорог произнес эту фразу.
2. Три друга - Петр, Роман и Сергей - учатся на математическом, физическом и химическом факультетах. Если Петр - математик, то Сергей не физик. Если Роман не физик, то Петр - математик. Если Сергей не математик, то Роман - химик. Какая специальность у Сергея.
3. Четыре юных филателиста: Митя, Толя, Петя и Саша - купили почтовые марки. Каждый из них покупал марки только одной страны, причем двое из них купили российские марки, один - болгарские и один - чешские. Известно, что Митя и Толя купили марки двух разных стран. Марки разных стран купили Митя с Сашей, Петя с Сашей, Петя с Митей и Толя с Сашей. Кроме того, известно, что Митя купил не болгарские марки. Кто купил болгарские марки?
4. В чашке, стакане, кувшине и банке находятся молоко, лимонад, квас и вода. Известно, что вода и молоко не в чашке; сосуд с лимонадом стоит между кувшином и сосудом с квасом; в банке не лимонад и не вода; а стакан стоит между банкой и сосудом с молоком. Где находится вода.
5. В студенческой группе возникла следующая ситуация: каждый студент или умеет играть в шахматы, или имеет спортивный разряд, или хорошо учиться (но не то и другое вместе); если студент имеет спортивный разряды, то он не умеет играть в шахматы. Следует ли отсюда, что в группе нет студентов, которые имеют спортивный разряд и в то же время хорошо учатся?
6. Боря, Витя, Гриша и Егор встретились на олимпиаде. Ребята приехали из разных городов: один - из Твери, другой - из Омска, третий - из Томска, а четвертый - из Казани. Известно, что Боря жил в одной комнате с мальчиком из Казани и ни один из них никогда не был ни в Тве-

ри, ни в Томске. Гриша играл в одной команде с мальчиком из Твери, а против них обычно сражался приятель из Казани. Егор и мальчик из Твери увлекались игрой в шахматы. Определить город, из которого приехал Егор.

7. Проверьте правильность следующего рассуждения полицейского детектива: "Если Джонс не встречал этой ночью Смита, то либо Смит был убийцей, либо Джонс лжёт. Если Смит был убийцей, то Джонс не встречал Смита этой ночью, и убийство имело место после полуночи. Если убийство имело место после полуночи, то либо Смит был убийцей, либо Джонс лжёт. Следовательно, Смит был убийцей.

8. Квадрат, круг, ромб и треугольник вырезаны из белой, синей, красной и зеленой бумаги. Известно, что: круг не белый и не зеленый; синяя фигура лежит между ромбом и красной фигурой; треугольник не синий и не зеленый; квадрат лежит между треугольником и белой фигурой. Из бумаги какого цвета вырезан ромб?

9. На предприятии есть три цеха А, В, С, которые договорились о следующем порядке утверждения проектов; а) если цех В не участвует в утверждении проекта, то в этом утверждении не участвует и цех А; б) если цех В принимает участие в утверждении проекта, то в нём принимает участие цеха А и С. Обязан ли при этих условиях цех С принимать участие в утверждении проекта, когда в нём принимает участие цех А?

10. Пятеро школьников из пяти различных городов приехали в Смоленск для участия в олимпиаде по математике. "Откуда вы, ребята?" - спросили их. Вот что они ответили: Андреев: "Я приехал из Ярославля, а Григорьев живет в Гагарине". Борисов: "В Гагарине живет Васильев, я прибыл из Вязьмы". Васильев: "Из Ярославля приехал я, а Борисов - из Ельни". Григорьев: Я приехал из Гагарина, а Данилов из Ярцева". Данилов: "Да, я действительно из Ярцева, Андреев живет в Вязьме". В каждом из высказываний одно утверждение правильное, а другое ложное. Откуда приехал Данилов?

11. Три девушки Аня, Варя и Клава ходили на демонстрацию. Одна из них была в красном платье, другая - в белом, третья - в синем. На вопрос, какое было платье на каждой из девушек они дали ответ: Аня была в красном, Варя - не в красном, Клава - не в синем. В этом ответе из трёх частей одна верна, две неверны. В каком платье была каждая из девушек ?

12. Четыре марсианки, оказавшиеся на Земле в 2222 году, на вопрос об их возрасте дали ответы: а) Ми - 22 года, Ме - 21 год; б) Мо - 19 лет, Ми - 21 год; в) Ма - 21 год, Мо - 18 лет. Все марсианки - разных возрастов, притом только таких - 18, 19, 21 и 22. В каждом ответе одна часть истинна, а другая - ложна. Сколько лет каждой из марсианок?

13. В велогонках приняли участие 5 школьников. После гонок 5 болельщиков заявили: 1) Коля занял 1-е место, а Ваня - 4; 2) Сережа занял 2-е место, а Ваня - 4; 3) Сережа занял 2-е место, а Коля - 3; 4) Толя занял 1-е место, а Надя - 4; 5) Надя заняла 3-е место, а Толя - 5. Зная, что

одно из показаний каждого болельщика верное, а другое – ложное. Определить какое место занял Толя.

14. Профессор Икс Игрекович Зет был так учен, как и рассеян. У него была большая библиотека, которая помещалась в трёх комнатах. В первой были справочники, во второй - труды по специальности, в третьей - научные журналы. Когда он писал свой знаменитый труд "О бессмертии майских жуков", у него на столе царил невероятный хаос, и он не мог найти трёх вещей: словарь эскимосского языка, учебник жукологии и памфлет своего противника профессора Болтунова. Профессор очень волновался и обвинил лаборанта, что тот, по-видимому, поставил словарь где-то среди трудов, а учебник и памфлет среди журналов. Лаборант отрицал это и говорил, что профессор, как всегда, бросил все эти три вещи в первой комнате. Супруга профессора высказала предположение, что словарь, вероятно, находится среди журналов, а учебник и памфлет - среди трудов. В начавшейся перебранке каждый настаивал на своём. Дочь профессора, слушавшая всё это, сказала: "Всё, что вы утверждаете, неверно". Если она права, то куда задевались эти вещи?

15. Шестеро юношей наблюдали прохожего, затем каждый из них ответил на вопрос, какого цвета его волосы, глаза и костюм, сколько ему лет. Андрей: рыжий, глаза голубые, костюм серый, 34. Вова: блондин, глаза карие, костюм синий, 30. Борис: рыжий, глаза карие, костюм коричневый, 32. Григорий: брюнет, глаза голубые, костюм, во всяком случае, не коричневый, 30. Дмитрий: шатен, глаза чёрные, костюм серый, 28. Евгений: блондин, глаза карие, костюм синий, 32. Каждый из них трижды ошибся. Но из шести ответов на каждый из вопросов, по меньшей мере, один был верен. Каковы приметы прохожего?

16. Семья, состоящая из отца, матери, сына, младшей и старшей дочери, купили телевизор. Условились, что в первый вечер будут смотреть передачи и в каком порядке: а) когда отец смотрит передачу, мать тоже смотрит передачу; б) дочери, обе или одна из них, смотрят передачу; в) из двух членов семьи - мать и сын - смотрят передачу либо только мать, либо только сын; г) сын смотрит передачу тогда и только тогда, когда её смотрит старшая дочь; д) если младшая смотрит передачу, то отец и старшая дочь делают тоже. Кто из членов семьи смотрел в этот вечер передачу?

17. Во время перемены в классе были Аня, Борис, Ваня и Маня. Один из них разбил окно. Учитель спросил их и получил три ответа.

Аня: 1. Я его не разбивала; 2. Я сидела и читала; 3. Маня знает, кто разбил.

Борис: 1. Я этого не делал 2. С Маней я давно не разговариваю; 3. Это сделал Ваня;

Ваня: 1. Я невиновен; 2. Разбила Маня; 3. Борис лжёт, говоря, что разбил я.

Маня: 1. Я не разбивала окна; 2. Это вина Ани; 3. Борис знает, что я не виновата, потому что мы с ним беседовали во время перемены.

В конце концов, каждый из них признался, что из трёх ответов, которые он дал, два истинны, один ложен. Кто разбил окно?

18. Четыре юных филателиста: Митя, Толя, Петя и Саша - купили почтовые марки. Каждый из них покупал марки только одной страны, причем двое из них купили российские марки, один - болгарские и один - чешские. Известно, что Митя и Толя купили марки двух разных стран. Марки разных стран купили Митя с Сашей, Петя с Сашей, Петя с Митей и Толя с Сашей. Кроме того, известно, что Митя купил не болгарские марки. Кто купил чешские марки?

19. В велогонках приняли участие 5 школьников. После гонок 5 болельщиков заявили: 1) Коля занял 1-е место, а Ваня - 4; 2) Сережа занял 2-е место, а Ваня - 4; 3) Сережа занял 2-е место, а Коля - 3; 4) Толя занял 1-е место, а Надя - 4; 5) Надя заняла 3-е место, а Толя - 5. Зная, что одно из показаний каждого болельщика верное, а другое - ложное. Определить какое место занял Коля.

20. В чашке, стакане, кувшине и банке находятся молоко, лимонад, квас и вода. Известно, что вода и молоко не в чашке; сосуд с лимонадом стоит между кувшином и сосудом с квасом; в банке не лимонад и не вода; а стакан стоит между банкой и сосудом с молоком. Где находится квас.

21. Пятеро школьников из пяти различных городов приехали в Смоленск для участия в олимпиаде по математике. "Откуда вы, ребята?" - спросили их. Вот что они ответили: Андреев: "Я приехал из Ярославля, а Григорьев живет в Гагарине". Борисов: "В Гагарине живет Васильев, я прибыл из Вязьмы". Васильев: "Из Ярославля приехал я, а Борисов - из Ельни". Григорьев: Я приехал из Гагарина, а Данилов из Ярцева". Данилов: "Да, я действительно из Ярцева, Андреев живет в Вязьме". В каждом из высказываний одно утверждение правильное, а другое ложное. Откуда приехал Андреев?

22. Квадрат, круг, ромб и треугольник вырезаны из белой, синей, красной и зеленой бумаги. Известно, что: круг не белый и не зеленый; синяя фигура лежит между ромбом и красной фигурой; треугольник не синий и не зеленый; квадрат лежит между треугольником и белой фигурой. Какая фигура вырезана из зеленой бумаги?

23. Три друга - Петр, Роман и Сергей - учатся на математическом, физическом и химическом факультетах. Если Петр - математик, то Сергей не физик. Если Роман не физик, то Петр - математик. Если Сергей не математик, то Роман - химик. Какая специальность у Петра.

24. Боря, Витя, Гриша и Егор встретились на олимпиаде. Ребята приехали из разных городов: один - из Твери, другой - из Омска, третий - из Томска, а четвертый - из Казани. Известно, что Боря жил в одной комнате с мальчиком из Казани и ни один из них никогда не был ни в Твери, ни в Томске. Гриша играл в одной команде с мальчиком из Твери, а против них обычно сражался приятель из Казани. Егор и мальчик из

Твери увлекались игрой в шахматы. Определить город, из которого приехал Витя.

25. Известно, что Лев лжет по понедельникам, вторникам и средам и в остальные дни говорит правду, а Единорог лжет по четвергам, пятницам и субботам и говорит правду в остальные дни. Однажды Лев сказал: "Вчера был один из дней, когда я лгу", на что Единорог заметил "Вчера был один из дней, когда я тоже лгу". Когда произошла беседа.

26. В чашке, стакане, кувшине и банке находятся молоко, лимонад, квас и вода. Известно, что вода и молоко не в чашке; сосуд с лимонадом стоит между кувшином и сосудом с квасом; в банке не лимонад и не вода; а стакан стоит между банкой и сосудом с молоком. Где находится лимонад.

27. Четыре юных филателиста: Митя, Толя, Петя и Саша - купили почтовые марки. Каждый из них покупал марки только одной страны, причем двое из них купили российские марки, один - болгарские и один - чешские. Известно, что Митя и Толя купили марки двух разных стран. Марки разных стран купили Митя с Сашей, Петя с Сашей, Петя с Митей и Толя с Сашей. Кроме того, известно, что Митя купил не болгарские марки. Какие филателисты купили чешские марки?

28. В велогонках приняли участие 5 школьников. После гонок 5 болельщиков заявили: 1) Коля занял 1-е место, а Ваня - 4; 2) Сережа занял 2-е место, а Ваня - 4; 3) Сережа занял 2-е место, а Коля - 3; 4) Толя занял 1-е место, а Надя - 4; 5) Надя заняла 3-е место, а Толя - 5. Зная, что одно из показаний каждого болельщика верное, а другое - ложное. Определить какое место занял Надя.

29. Пятеро школьников из пяти различных городов приехали в Смоленск для участия в олимпиаде по математике. "Откуда вы, ребята?" - спросили их. Вот что они ответили: Андреев: "Я приехал из Ярославля, а Григорьев живет в Гагарине". Борисов: "В Гагарине живет Васильев, я прибыл из Вязьмы". Васильев: "Из Ярославля приехал я, а Борисов - из Ельни". Григорьев: Я приехал из Гагарина, а Данилов из Ярцева". Данилов: "Да, я действительно из Ярцева, Андреев живет в Вязьме". В каждом из высказываний одно утверждение правильное, а другое ложное. Откуда приехал Борисов?

30. Квадрат, круг, ромб и треугольник вырезаны из белой, синей, красной и зеленой бумаги. Известно, что: круг не белый и не зеленый; синяя фигура лежит между ромбом и красной фигурой; треугольник не синий и не зеленый; квадрат лежит между треугольником и белой фигурой. Из бумаги какого цвета вырезан квадрат?

3. Общие положения

3.1. Сопоставление

Наиболее важной операцией над термами является сопоставление. *Сопоставление* - это процесс, на вход которого подаются два терма, и проверяется, соответствуют ли эти термы друг другу. Рассмотрим сопоставление двух дат. Запрос для осуществления такой операции можно составить с использованием оператора '=':

?- date(D,M,1998)=date(25,may,Y).

В качестве результата Пролог-система выдаст:

D=25

M=may

Y=1998

По мере вычисления последовательности целей, переменным приписываются обычно все более и более конкретные значения. Сопоставление в Прологе всегда дает наиболее общую конкретизацию (см. далее).

Общие правила сопоставления двух термов S и T таковы:

1. Если S и T - константы, то S и T сопоставимы в том случае, когда они являются одним и тем же объектом.
2. Если S - переменная, а T - произвольный объект, то они сопоставимы и S приписывается значение T и наоборот, если T - переменная, а S - произвольный объект, то они сопоставимы и T приписывается значение S.
3. Если S и T - структуры, то они сопоставимы, только если
 - a) S и T имеют одинаковый главный функтор и
 - b) все их соответствующие компоненты сопоставимы.

3.2. Декларативная и процедурная семантика

Имеет смысл различать два уровня понимания программы на языке Пролог, а именно декларативный и процедурный. *Декларативный смысл* касается только отношений, определенных в программе, т.е. определяет, что должно быть результатом работы программы. С другой стороны, *процедурный смысл* определяет еще и как этот результат был получен, т.е. как эти отношения реально обрабатывались Пролог-системой. Рассмотрим предложение

P :- Q, R.

здесь P, Q и R имеют синтаксис термов (напомним, что запятая между целями обозначает конъюнкцию, а точка с запятой - дизъюнкцию). Приведем некоторые способы декларативной интерпретации этого предложения:

*P - истинно, если истинны Q и R или
Из Q и R следует P .*

С точки зрения процедурной семантики, это предложение можно прочесть следующим образом:

Чтобы решить задачу P , сначала реши подзадачу Q , а затем подзадачу R .

Декларативный смысл программы определяет, является ли данная цель истинной (достижимой) и, если да, то при каких значениях переменных она достигается. *Конкретизацией* предложения C называется результат подстановки в него на место каждой переменной некоторого терма.

Процедурная семантика языка Пролог - это процедура достижения списка целей в контексте данной программы. Процедура выдает истинность или ложность списка целей и соответствующую конкретизацию переменных. Процедура осуществляет автоматический возврат для перебора различных вариантов. Декларативный смысл программ на Прологе не зависит от порядка предложений и от порядка целей в предложениях. Процедурный же смысл существенно зависит от порядка целей и предложений. Поэтому порядок может повлиять на эффективность программы; неудачный порядок может привести к бесконечным рекурсивным вызовам. Таким образом, при написании программ на языке Пролог необходимо учитывать как декларативную, так и процедурные семантики.

3.3. Простейшая модель экспертной системы

Экспертная система - это программа, которая ведет себя подобно эксперту в некоторой, обычно узкой, прикладной области. При разработке экспертной системы принято выделять три основных модуля:

- 1) база знаний,
- 2) машина логического вывода, и
- 3) интерфейс с пользователем.

База знаний содержит знания, относящиеся к конкретной предметной области, в том числе отдельные факты и правила, описывающие отношения, явления и методы, относящиеся к решению задач в этой прикладной области. *Машина логического вывода* осуществляет принятие решений на основе информации, содержащейся в базе знаний. *Интерфейс с пользователем* отвечает за обмен информацией между пользователем и системой.

Любой непротиворечивый формализм, в рамках которого можно описывать знания о некоторой предметной области, может быть использован в

экспертной системе. Однако самым популярным формальным языком представления знаний является язык правил типа ‘если-то’. Такие правила называются *продукциями*.

В рамках данной лабораторной работы вам предстоит разработать свою небольшую экспертную систему и реализовать ее с помощью языка Пролог.

3.4. Пример решения логической задачи на языке Пролог

В автомобильных гонках три первых места заняли Алеша, Петя и Коля. Какое место занял каждый из них, если Петя занял не второе и не третье место, а Коля - не третье?

PREDICATES

```
nondeterm name(symbol)
nondeterm place(integer)
nondeterm accordance(symbol,integer)
nondeterm solution(symbol,symbol,symbol,integer,integer,integer)
```

CLAUSES

```
/* База данных имен */
name(alesha).
name(petya).
name(kolya).
/*База данных призовых мест*/
place(1).
place(2).
place(3).
/* Взаимно-однозначное соответствие между базами данных, Name -
элемент из базы данных имен, Place - элемент из базы данных занятых
мест */
/* Петя занял не второе и не третье место */
accordance(Name,Place):-
    name(Name), Name=petya, place(Place), not(Place = 2),
    not (Place = 3).
/* Коля занял не третье место */
accordance(Name,Place):-
    name(Name), Name=kolya, place(Place), not(Place = 3).
accordance(Name,Place):-name(Name), Name=alesha, place(Place).
/* У всех ребят разные места */
solution(Name1,Name2,Name3,Place1,Place2,Place3):-
    Name1=petya, accordance(Name1,Place1),
    Name2=kolya, accordance(Name2,Place2),
    Name3=alesha, accordance(Name3,Place3),
    Place1<>Place2, Place2<>Place3, Place1<>Place3.
```

GOAL

solution(Name1,Name2,Name3,Place1,Place2,Place3).

4. Порядок выполнения работы

1. Устно решить задачу и получить все возможные варианты ответа.
2. Представить логическую задачу в соответствии с вариантом задания в виде фактов и правил на языке Пролог.
3. Сформировать целевое утверждение.
4. Написать программу на языке Пролог и зафиксировать полученные результаты работы программы.
5. Сравнить полученные результаты работы программы с вариантами ответа, полученными в пункте 1.

5. Контрольные вопросы

1. Что такое сопоставление.
2. Сделайте обзор общих правил сопоставления двух термов.
3. Приведите пример правила на языке Пролог и объясните его с точки зрения процедурной и декларативной семантик.
4. Объясните понятия конкретизации.
5. Что входит в состав простейшей экспертной системы.
6. Объясните понятие продукция.
7. Приведите пример правила и факта на языке Пролог, описывающих некоторые знания.
8. Определите на языке Пролог предикат member.
9. Определите на языке Пролог предикат append.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОИСКА РЕШЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ СРЕДСТВАМИ ЯЗЫКА ПРОЛОГ

1. Цель работы

Исследование методов поиска решений в пространстве состояний. Программирование основных алгоритмов поиска решений, используемых в системах искусственного интеллекта, на языке Пролог.

2. Варианты заданий

Требуется представить задачу, заданную вариантом задания, в пространстве состояний. Написать программу, которая находит решение задачи в соответствии с заданным методом полного перебора. Варианты заданий выбираются из таблицы 1. Например, задание 2.в, 3 означает, что выбирается задача 2 с исходной расстановкой “в”, алгоритм поиска 3.

Таблица 1 – Варианты заданий

Вариант	Задание	Вариант	Задание	Вариант	Задание
1	1.а, 1	11	1.б, 3	21	1.г, 2
2	2.а, 1	12	2.б, 3	22	2.г, 2
3	1.а, 2	13	1.в, 1	23	1.г, 3
4	2.а, 2	14	2.в, 1	24	2.г, 3
5	1.а, 3	15	1.в, 2	25	1.д, 1
6	2.а, 3	16	2.в, 2	26	2.д, 1
7	1.б, 1	17	1.в, 3	27	1.д, 2
8	2.б, 1	18	2.в, 3	28	2.д, 2
9	1.б, 2	19	1.г, 1	29	1.д, 3
10	2.б, 2	20	2.г, 1	30	2.д, 3

Содержание задач:

Задача 1. Необходимо отсортировать строку, состоящую из букв d, e, f и g, согласно следующим правилам сортировки: 1) $ed \Rightarrow de$; 2) $fd \Rightarrow df$; 3) $gd \Rightarrow dg$; 4) $fe \Rightarrow ef$; 5) $ge \Rightarrow eg$; 6) $gf \Rightarrow fg$. Если образец, заданный предпосылкой правила, сопоставим с частью сортируемой строки, то правило активизируется. В результате подстрока, которая совпала с условием правила, замещается подстрокой из заключительной части правила. Варианты не отсортированных строк:

а) fedefgd; б) egdfgde; в) dgefed; г) gfeddef; д) fdegegd.

Задача 2. Игра-головоломка “8”. В игре используется восемь фишек, пронумерованных от одного до восьми. Фишки располагаются в девяти ячейках, образующих матрицу размером 3×3. Одна из ячеек всегда пустая.

Любая фишка, смежная с пустой ячейкой, может быть передвинута в позицию, соответствующую пустой ячейке. Фишки должны быть расставлены следующим образом:

1	2	3
8		4
7	6	5

Расстановки:

а)

1	3	4
7	8	2
	6	5

б)

	1	3
8	2	5
7	4	6

в)

2	6	3
1		4
8	7	5

г)

8	1	
2	4	3
7	6	5

д)

1		3
7	2	4
6	8	5

Алгоритмы полного перебора:

- 1) поиск в ширину;
- 2) поиск в глубину;
- 3) алгоритм равных цен.

3. Основные положения

Решение задачи в пространстве состояний предполагает задание начальных состояний задачи, конечных состояний задачи и операторов, которые преобразуют одни состояния в другие. При таком подходе результатом решения задачи будет последовательность операторов, которые преобразуют начальное состояние в конечное состояние.

Пространство состояний рассматриваемой задачи можно представить в виде графа. Вершины графа представляют собой состояния задачи, а дуги соответствуют операторам перехода из одного состояния в другое. В этом случае решение задачи будет представлять собой поиск пути из начальной вершины в целевую вершину. Если граф состояний задачи не может быть задан неявно, то в этом случае задают множество операторов, которые применяются к вершине графа и дают все ее дочерние вершины.

Поиск решений в пространстве состояний может быть осуществлен с помощью алгоритмов полного перебора или с помощью эвристических алгоритмов. Алгоритмы, исследуемые в лабораторной работе, для нахождения решения задачи используют список открытых вершин (ОТК) и список закрытых вершин (ЗКР). Способ формирования каждого списка зависит от конкретного алгоритма [1].

Язык Пролог, так же как и язык ЛИСП, поддерживает работу со списками. Список представляет собой объект, который содержит произвольное количество других объектов внутри себя. Объекты или элементы списка отделяются друг от друга запятыми и заключаются в квадратные скобки. Например: [1, 2, 3, 4, 5].

Список можно представить в виде головы и хвоста, которые отделяются друг от друга символом “|” (вертикальная черта): [Голова | Хвост]. Если применить символ “|” к списку [1, 2, 3, 4, 5], то можно представить этот список различными способами, например:

$$[1, 2, 3, 4, 5] = [1 | [2, 3, 4, 5]] = [1, 2 | [3, 4, 5]] = [1, 2, 3 | [4, 5]].$$

Объявление списка в языке Пролог выполняется с помощью раздела DOMAINS. Например, для объявления списка из целых чисел необходимо использовать следующую конструкцию:

DOMAINS

integerlist = integer*

Символ “*” обозначает «список из», т.е. integer* означает «список из целых чисел». Элементами списка могут быть произвольные объекты, в том числе и другие списки. Однако все элементы списка должны относиться к одному домену, к тому же должно быть объявление доменов для этих элементов. Объявление списка, элементами которого являются списки из целых чисел, будет выглядеть следующим образом:

DOMAINS

integerlist = integer*

llist = integerlist*

Поскольку список является сложной рекурсивной структурой данных, то его обработка осуществляется с помощью рекурсивных алгоритмов. Основным способом работы со списками состоит в применении какой-либо обработки к каждому элементу списка, пока список не станет пустым. Обычно подобные алгоритмы состоят из двух предложений. Одно из предложений говорит, что делать с обычным списком, т.е. со списком, который может быть разделен на голову и хвост. Другое предложение говорит о том, что делать с пустым списком, т.е. является условием выхода из рекурсии.

Например, если требуется напечатать элементы списка, то программа на языке Пролог будет выглядеть следующим образом:

DOMAINS

list = integer* /* Или произвольный тип, который требуется */

PREDICATES

write_a_list(list)

CLAUSES

```

write_a_list([]). /* Если список пустой, то ничего не выполнять */
write_a_list([H|T]):-
    /* Сопоставить H с головой, а T – с хвостом списка, тогда */
    write(H),nl, /* Вывести голову и перейти на следующую строку */
    write_a_list(T). /* Вывести хвост списка */
GOAL
write_a_list([1, 2, 3]).

```

Вначале будет следующее целевое утверждение `write_a_list([1,2,3])`. Так как список не является пустым, то выбирается второе предложение, и головой списка будет $H=1$, а хвостом – $T=[2, 3]$. Далее произойдет вывод головы списка, и новой целью будет `write_a_list([2, 3])`. Это рекурсивное обращение соответствует второму предложению, но на этот раз $H=2$ и $T=[3]$. Затем будет выведена голова списка, и снова предикат `write_a_list` вызывается рекурсивно. Теперь головой списка будет $H=3$, а хвост списка будет пустым, т.е. $T=[]$. Новое целевое утверждение `write_a_list([])` будет сопоставлено с первым предложением и цель будет доказана.

Рассмотрим пример поиска решений в пространстве состояний, используя алгоритм поиска в глубину. Граф состояний задачи представлен на рисунке 2.

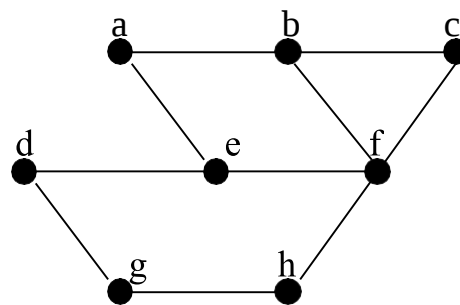


Рисунок 2 – Граф состояний

Для представления графа воспользуемся списком, каждый элемент которого будет представлять собой список из двух символов. На первом месте любого подсписка располагается “дочерняя” вершина, а на втором – соответствующая “родительская вершина”. Список открытых и список закрытых вершин представляются в виде списков из символов.

DOMAINS

list = symbol*

llist = list*

PREDICATES

graph(llist)

begin(symbol)

end(symbol)

nondeterm search_depth(list,list,list)

nondeterm add_list_first(list,symbol,list)

```

nondeterm delete_list_first(list,symbol,list)
nondeterm open(symbol,list,list,list)
nondeterm findalltop(llist,symbol,list,list,list)
nondeterm member(list,symbol)
CLAUSES
graph([[a,b],[a,e],[b,a],[b,f],[b,c],[c,b],[c,f],[d,e],[d,g],[e,a],
      [e,d],[e,f],[f,b],[f,c],[f,e],[f,h],[g,d],[g,h],[h,g],[h,f]]).
begin(a).
end(g).
add_list_first([],Top,[Top]):-!.
add_list_first(L,Top,[Top|L]).
delete_list_first([],_).
delete_list_first([H|T],Top,L):-H=Top,!,delete_list_first(T,Top,L).
delete_list_first([H|T],Top,[H|L]):-delete_list_first(T,Top,L).
member([],_):-!,fail.
member([H|T],Top):-
H=Top,!,true;
member(T,Top).
findalltop([],_,_,L,L).
findalltop([[H1,H2|_]T1],Top,Zkr,L,L2):-
H1=Top, not(member(L,H2)), not(member(Zkr,H2)),
add_list_first(L,H2,L1), findalltop(T1,Top,Zkr,L1,L2),!;
findalltop(T1,Top,Zkr,L,L2).
open(Top,Zkr,Otk,Otk1):-
graph(Graph),
findalltop(Graph,Top,Zkr,Otk,Otk1).
search_depth([],_,_):-!,fail.
search_depth([H|_],_,L):-end(Top),H=Top,!,add_list_first([],H,L),true.
search_depth([Otk_H|Otk_T],Zkr,R):-
Top = Otk_H,
add_list_first(Zkr,Top,Zkr1),
delete_first([Otk_H|Otk_T],Top,Otk1),
open(Top,Zkr1,Otk1,Otk2),
search_depth(Otk2,Zkr1,R1),
add_list_first(R1,Top,R).
GOAL
begin(Top),search_depth([Top],[],L).

```

Предикат `graph` содержит граф решаемой задачи; предикат `begin` и предикат `end` задают соответственно начальную и конечную вершины. `Search_depth` – это предикат, который отвечает за поиск решения; предикаты `add_list_first` и `delete_list_first` обеспечивают добавление и удаление первого элемента из списка соответственно. Предикат `open` раскрывает указанную вершину. Предикат `findalltop` находит все дочерние вершины для указанной

родительской вершины в графе состояний. Предикат `member` определяет входит ли элемент в список.

4. Порядок выполнения работы

1. Изучить основные методы поиска решений в пространстве состояний.
2. Написать программу в соответствии с вариантом задания.
3. Оценить количество шагов при слепом поиске.
4. Оценить количество шагов при решении задачи человеком.
5. Объяснить полученные результаты.

5. Контрольные вопросы

1. Что называется списком?
2. Каким образом представляются списки в языке Пролог?
3. Расскажите о разделе `DOMAIN`.
4. Как описать списочную структуру на языке Пролог?
5. Опишите предикат, который добавляет в конец списка один элемент.
6. Опишите предикат, который проверяет, входит ли элемент в список.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

1. Цель работы

Исследование способов представления знаний. Составление и программирование алгоритма поиска ответа по семантической сети.

2. Варианты заданий

Представить данные в виде семантической сети. Написать программу, которая отвечала бы на вопрос пользователя. Вопрос, заданный на естественном языке, представить в виде фрагмента семантической сети и написать программу поиска этого фрагмента в заданной семантической сети. Вопрос и данные выбираются по варианту задания.

Данные 1. Животные покрыты кожей. Плотоядные и рыбы являются животными. Плотоядные покрыты шерстью, а рыбы – чешуей. Осетр и сельдь относятся к виду рыб. Сельдь обитает в океане. Ее основной рацион питания составляет планктон. Осетр обитает в реке, и питается в основном донными рачками. Плотоядные животные покрыты шерстью. Представителями отряда плотоядных являются тигр, волк и рысь. Тигр имеет полосатый окрас. Звуки, которые издает тигр, называют рычанием. Окрас у рыси пятнистый. Волк имеет серый цвет и умеет выть.

Данные 2. Средством передвижения по воде служат морские суда. Корабли можно условно разделить на военные и гражданские. Военные суда оснащены различным вооружением. Военные суда в свою очередь разделяются на подводные и надводные корабли. Подводные корабли оснащены торпедными установками, а надводные – орудийными установками. Определение местоположения противника надводные корабли устанавливают с помощью радар. Подводные корабли для этой цели используют сонар. К подводным кораблям можно отнести подводные лодки и батискафы, к надводным можно отнести линкор и крейсер. Рыболовецкие и круизные суда являются гражданскими судами. Гражданские суда в качестве лоатора используют радар. Рыболовецкие суда оснащены рыболовецкими снастями. На этих судах в основном используются дизельные двигатели. Примерами рыболовецких судов могут служить тральщик и китобойное судно. Круизные суда бывают речные и морские. Они имеют комфортабельные условия для отдыха пассажиров. На круизных судах в основном устанавливают бензиновые двигатели.

Данные 3. Люди для более быстрого передвижения используют транспортные средства. Транспортные средства можно разделить на сухопутные, морские и воздушные. Сухопутные средства для передвижения используют, как правило, колеса, и передвигаются по специальным дорогам. Видами сухопутных транспортных средств являются поезда и автомашины. Поезда передвигаются по железнодорожным рельсам, а автомашины - по автодорогам.

Управление поездом осуществляет машинист; автомашиной управляет водитель. На поездах устанавливают дизельные или электрические двигатели. Электропоезд и локомотив являются поездами. В автомашинах в основном используются бензиновые или дизельные двигатели. Морской транспорт для движения использует винт. Движением судна управляет капитан. Катер и яхта являются морскими транспортными средствами. Воздушный транспорт передвигается с помощью реактивных двигателей. Пилот управляет движением воздушного транспортного средства. Примерами воздушных транспортных средств являются вертолет и самолет.

1. Данные 1. Какой покров имеет рыба осетр?
2. Данные 2. Какие существуют военные корабли?
3. Данные 3. Какие существуют транспортные средства?
4. Данные 1. Где обитает сельдь?
5. Данные 2. С помощью чего определяют местоположение противника подводные корабли?
6. Данные 3. По каким дорогам двигается локомотив?
7. Данные 1. Существует ли такое плотоядное, у которого пятнистый окрас?
8. Данные 2. Чем оснащены надводные военные корабли?
9. Данные 3. Существует ли такое сухопутное транспортное средство, которое управляется водителем?
10. Данные 1. Какой покров у волка?
11. Данные 2. Какой двигатель используется на подводных военных кораблях?
12. Данные 3. Какой двигатель имеет автомобиль?
13. Данные 1. Существует ли такая рыба, которая питается планктоном?
14. Данные 2. Существует ли такой военный корабль, у которого дизельный двигатель и локатор радар?
15. Данные 3. Что использует поезд для передвижения?
16. Данные 1. Чем питается осетр?
17. Данные 2. Какое оснащение имеет подводная лодка?
18. Данные 3. Существует ли такое транспортное средство, которое передвигается по рельсам?
19. Данные 1. Есть ли такое плотоядное животное, которое умеет рычать?
20. Данные 2. Существует ли такое круизное судно, которое плавает по океану?
21. Данные 3. Кем управляется морское транспортное средство?
22. Данные 1. Какой окрас имеет плотоядное животное, которое умеет выть?
23. Данные 2. Какой двигатель устанавливается на рыболовецких судах?
24. Данные 3. Является ли самолет транспортным средством?
25. Данные 1. Где обитает рыба, питающаяся рачками?

26. Данные 2. Является ли тральщик гражданским судном?
 27. Данные 3. Существует ли такое транспортное средство, которое управляется пилотом и передвигается с помощью реактивных двигателей?
 28. Данные 1. Какой покров имеет плотоядное животное, имеющее пятнистый окрас?
 29. Данные 2. Чем оснащено китобойное судно?
 30. Данные 3. Кем управляется яхта?

3. Общие положения

Семантическая сеть представляется в виде объектов (понятий, сущностей) предметной области и отношений (связей) между ними. Обычно семантическая сеть отображают в виде направленного графа, в котором вершины соответствуют объектам, а дуги – связям между этими объектами [1,2].

На языке Пролог семантическую сеть можно представить в виде совокупности предикатов `сеть(Объект1, Отношение, Объект2)`, каждый из которых означает, что `Объект1` связан `Отношением` с `Объектом2`. Например, часть знаний о военных кораблях, представленных на рисунке 2, можно описать предикатами:

`сеть(военный_корабль, ако, корабль).`
`сеть(надводный_корабль, ако, военный_корабль).`
`сеть(надводный_корабль, локатор, радар).`
`сеть(надводный_корабль, оснащение, орудийные_установки).`
`сеть(крейсер, is_a, надводный_корабль).`
`сеть(линкор, is_a, надводный_корабль).`
`сеть(линкор, двигатель, дизель).`

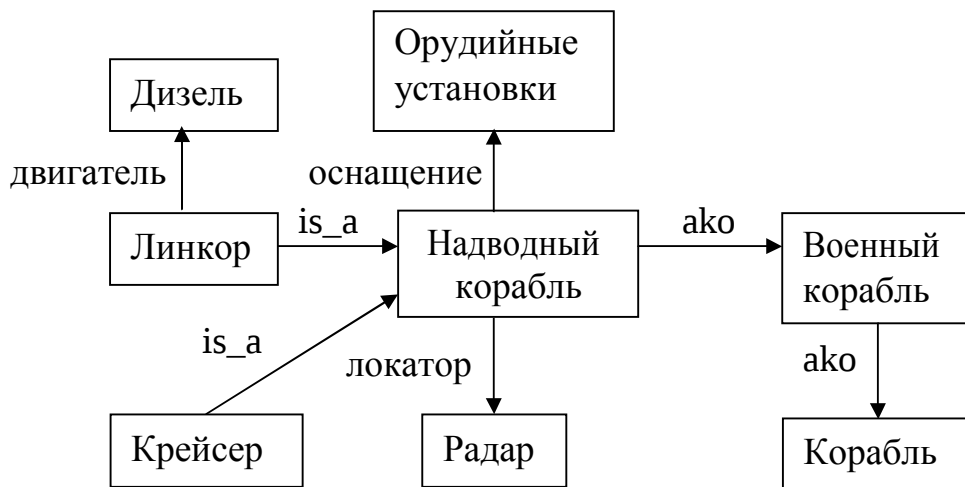


Рисунок 3 – Часть знаний о военных кораблях

Представление семантической сети в виде совокупности предикатов позволяет перейти от направленного графа к ненаправленному. В этом случае значительно увеличивается количество вопросов, на которые можно получить ответ. Например, если к семантической сети, представленной в виде направленного графа, задать вопрос «Какие существуют военные корабли?», то получить ответ будет невозможно, так как от объекта военный корабль можно двигаться только к объекту корабль по свойству ако. В ненаправленном графе на подобный вопрос получить ответ достаточно просто.

Поиск ответа на поставленный вопрос в семантической сети обычно осуществляется следующим образом: вопрос, так же как и семантическая сеть, представляется в виде графа, затем накладывают полученный граф вопроса на граф семантической сети. Если удалось произвести наложение одного графа на другой, то на место объекта, не имеющего значения, подставляется соответствующий объект из графа семантической сети. В противном случае ответить на поставленный вопрос не представляется возможным. Например, на рисунке 3 представлен граф вопроса «Существует ли такой военный корабль, у которого дизельный двигатель и локатор радар?»

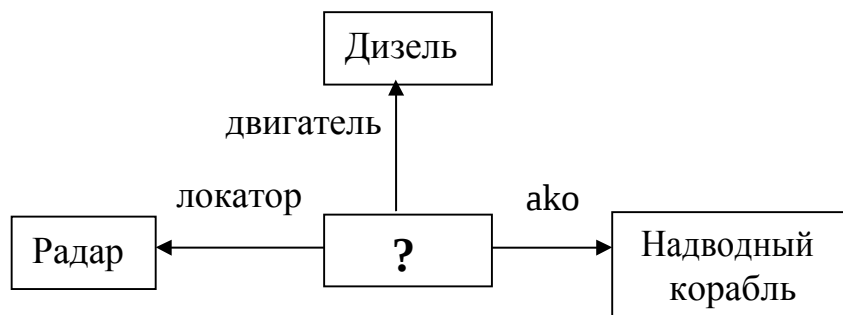


Рисунок 4 – Вопрос, представленный в виде графа

Граф вопроса на языке Пролог можно также представить в виде совокупности предикатов. Ниже приведен пример программы, которая осуществляет поиск ответа на поставленный вопрос.

```

DOMAINS
  symbollist = symbol*
  list = symbollist*
PREDICATES
  /* Граф семантической сети */
  nondeterm net(symbol,symbol,symbol)
  /* Граф вопроса */
  nondeterm question(symbol,symbol,symbol)
  /* Добавление нового элемента (списка) в начало списка */
  nondeterm addfirst(list,symbollist,list)
  /* Добавление нового элемента (символа) в начало списка */

```

```

nondeterm addsymbolfirst(symbollist,symbol,symbollist)
/* Предикаты, которые проверяют, входит ли элемент в список */
nondeterm member(list,symbollist)
nondeterm membersymbol(symbollist,symbol)
/* Предикат, который проверяет все ли элементы списка = 't' */
nondeterm allt(symbollist)
/* Правило 1: Если объект связан с каким-либо другим объектом
отношением ako или is_a, то он наследует все его свойства */
nondeterm rule1(symbol,symbol,symbol)
/* Правило 2: Свойства объекта либо напрямую определяются из се-
мантической сети, либо удовлетворяют правилу 1 */
nondeterm rule2(symbol,symbol,symbol)
/* Правило 3: Проверяет, удовлетворяет ли данный объект всем фактам,
описывающим вопрос */
nondeterm rule3(symbol,list,list,symbollist,symbollist)
/* Предикат, который определяет объекты, удовлетворяющие условиям
вопроса */
nondeterm search(symbol,symbol,symbol)
/* Предикат, выполняющий наложение графа вопроса на граф семанти-
ческой сети */
nondeterm superposition(symbollist,symbollist)
CLAUSES
/* Факты, описывающие вопрос */
question(_,ako,warship).
question(_,engine,diesel).
question(_,locator,radar).
/* Факты, описывающие семантическую сеть */
net(warship,ako,ship).
net(surfaceship,ako,warship).
net(surfaceship,locator,radar).
net(surfaceship,equipment,gun).
net(kreiser,is_a,surfaceship).
net(linkor,is_a,surfaceship).
net(linkor,engine,diesel).
addfirst([],Top,[Top]):-!.
addfirst(List,Top,[Top|List]).
addsymbolfirst([],Top,[Top]):-!.
addsymbolfirst(List,Top,[Top|List]).
allt([]).
allt([n|_]):-!,fail.
allt([t|T]):-allt(T).
member([],_):-fail.
member([[H1,H2,H3]|T],[S1,S2,S3]):-
H1=S1,H2=S2,H3=S3,!,true;
member(T,[S1,S2,S3]).

```

```

membersymbol([],_):-fail.
membersymbol([H|T],S):-
H=S,!,true;
membersymbol(T,S).
rule1(_Object,Property,Value):-
net(_Object,Prop,Parent),Prop=ako,net(Parent,Property,Value);
net(_Object,Prop,Parent),Prop=is_a,net(Parent,Property,Value).
rule2(_Object,Property,Value):-
net(_Object,Property,Value);      rule1(_Object,Property,Value).
rule3(_Object,PredicatList,PredicatList1,TrueList,TrueList1):-
question(_Object,Property,Value),rule2(_Object,Property,Value),
not(member(PredicatList,[_Object,Property,Value])),
addfirst(PredicatList,[_Object,Property,Value],PredicatList2),
addsymbolfirst(TrueList,t,TrueList2),
rule3(_Object,PredicatList2,PredicatList1,TrueList2,TrueList1),!;
question(_Object,Property,Value),not(rule2(_Object,Property,Value)),
addsymbolfirst(TrueList,n,TrueList1),PredicatList1=[],!.
rule3(_,PredicatList,PredicatList,TrueList,TrueList).
search(_Object,Property,Value):-
net(_Object,Property,Value),question(_Object,_,_),
rule3(_Object,[],_,[],SL),allt(SL).
superposition(AnswerList,AnswerList1):-
search(_Object,_,_),not(membersymbol(AnswerList,_Object)),
addsymbolfirst(AnswerList,_Object,AnswerList2),
superposition(AnswerList2,AnswerList1),!.
superposition(AnswerList,AnswerList).
GOAL
superposition([],AnswerList).

```

В результате выполнения программы переменная AnswerList получит значение ["linkor"]. Если из фактов, описывающих вопрос, убрать предикат question(_,engine,diesel), то в этом случае ответом будет список, содержащий три объекта из семантической сети: ["linkor","kreiser","surfaceship"].

4. Порядок выполнения работы

1. Изучить способы представления знаний в виде семантической сети.
2. Представить знания, указанные в варианте задания, в виде семантической сети. Представить вопрос в виде списка и в виде совокупности предикатов. В виде списка вопрос можно представить следующим образом [{ [объект, свойство, значение] }].
3. Составить алгоритм поиска ответа на поставленный вопрос в семантической сети.

4. Написать программу в соответствии с вариантом задания и составленным алгоритмом.
5. Сравнить время поиска ответа для случаев: а) вопрос представлен в виде совокупности предикатов; б) вопрос представлен в виде списка.

5. Контрольные вопросы

1. Что понимается под семантической сетью?
2. Назовите группы объектов, используемые в семантической сети, и охарактеризуйте каждую из них?
3. Назовите основные типы связей в семантических сетях?
4. Расскажите о средствах вывода на семантических сетях?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СЕТИ ФРЕЙМОВ

1. Цель работы

Исследование представления знаний фреймами. Составление и программирование поиска ответа по сети фреймов.

2. Варианты заданий

Представить данные в виде сети фреймов. Написать программу, которая отвечала бы на вопрос пользователя. Вопрос, заданный на естественном языке, представить в виде списка или фрейма и написать программу поиска ответа на вопрос в заданной сети. Вопрос и данные выбираются по варианту задания.

Данные 1. Военный надводный корабль имеет на вооружении следующие виды оружия: пушка, РБУ и торпедный аппарат. Пушка может иметь калибр либо 76 мм, либо 125 мм, и в зависимости от калибра дальность стрельбы устанавливается 3 км и 5 км соответственно. Также пушка характеризуется скорострельностью: для 76 мм пушки – 6 выстрелов/мин, для 125 мм – 7 выстрелов/мин. К параметрам РБУ относят количество стволов (обычно 6 и 8), дальность стрельбы (обычно 2 км) и количество залпов или емкость 25 и 20 соответственно. Торпедные аппараты на различных кораблях отличаются только числом труб (1 и 2) и калибром: при одной трубе – 533 мм, при двух – 462 мм. Корабль «Храбрый» имеет на вооружении пушку и РБУ. У «Стремительного» на вооружении стоит РБУ и торпедный аппарат.

Данные 2. Военные вертолеты бывают трех видов: ударные, противотанковые и транспортные. К ударным относят вертолеты Ми-24 и Ми-8, к противотанковым – К-50 и К-52. Ми-6 и Ми-10 являются транспортными вертолетами. Существует две основные схемы при конструировании вертолетов, это – классическая и соосная. Вертолеты К-50 и К-52 спроектированы по соосной схеме, а остальные по классической. Каждая группа отличается друг от друга различными характеристиками. Количество членов экипажа для вертолетов ударной группы составляет 2 человека, для противотанковой – 2 человека и для транспортной группы – 3 человека. Грузоподъемность составляет 2, 10 и 8 тонн соответственно для каждой группы. Помимо указанных характеристик вертолеты еще отличаются максимальной скоростью полета, которая для ударной группы составляет 300 км/ч, для противотанковой группы вертолетов она составляет 450 км/ч и для транспортной – 200 км/ч.

Данные 3. Танки делятся на следующие группы: легкие, тяжелые и средние. Танк ПТ-76 относится к легкой группе танков, Т-90 представляет тяжелую группу танков, а танки Т-72 и Т-70 являются представителями средней группы танков. Основной характеристикой при разделении танков служит их вес, который для танков легкой группы меньше 35 тонн, для тан-

ков средней группы вес лежит в пределах от 35 до 50 тонн и для тяжелых танков их вес превышает 50 тонн. На вооружении танки обычно имеют пушку и пулемет, отличающиеся для каждой группы своим калибром. Так на тяжелые танки устанавливаются 125 мм пушка и зенитный пулемет калибром 12,7 мм. Легкий танк имеет на вооружении 76 мм пушку и стандартный пулемет калибра 7,62. На танке, относящемся к средней группе танков, ставят противотанковый пулемет калибра 14,5 мм и 100 мм пушку. Кроме вышеперечисленных характеристик танки отличаются друг от друга толщиной брони. Легкие танки – 50 мм, средние – до 100 мм, тяжелые – свыше 100 мм.

Вариант 1. Данные 1. Какова дальность стрельбы у «Храброго», если на вооружении у него стоит пушка калибром 125мм?

Вариант 2. Данные 2. Каких видов бывают вертолеты?

Вариант 3. Данные 3. Какие танки относятся к тяжелым танкам?

Вариант 4. Данные 1. Какова дальность стрельбы у «Стремительного», если в состав его вооружения входит РБУ с количеством стволов 8?

Вариант 5. Данные 2. Какие вертолеты относятся к ударной группе?

Вариант 6. Данные 3. У какого танка на вооружении стоит 76 мм пушка?

Вариант 7. Данные 1. Одинакова ли дальность стрельбы у торпедных аппаратов с числом труб 1 и 2?

Вариант 8. Данные 2. Какое количество членов экипажа у вертолета К-24?

Вариант 9. Данные 3. Какая пушка устанавливается на танке Т-90?

Вариант 10. Данные 1. Какая емкость РБУ у «Стремительного», если количество залпов РБУ 8?

Вариант 11. Данные 2. Относится ли вертолет Ми-8 к транспортной группе вертолетов?

Вариант 12. Данные 3. Какой пулемет ставится на танке Т-72?

Вариант 13. Данные 1. Какую скорострельность имеет пушка у «Храброго», если ее калибр 76 мм?

Вариант 14. Данные 2. К какой группе относится вертолет, если его скорость полета составляет 450 км/ч?

Вариант 15. Данные 3. Если танк имеет вес более 50 тонн, то к какой группе танков он относится?

Вариант 16. Данные 1. Какую скорострельность имеет пушка калибром 125 мм?

Вариант 17. Данные 2. Какова максимальная скорость полета у вертолета Ми-10?

Вариант 18. Данные 3. Какой пулемет устанавливается на легком танке?

Вариант 19. Данные 1. Какую дальность стрельбы имеет РБУ у «Храброго», если количество залпов равно 25?

Вариант 20. Данные 2. Какая максимальная грузоподъемность у вертолетов противотанковой группы?

Вариант 21. Данные 3. Какой вес имеют легкие танки?

Вариант 22. Данные 1. Какой диаметр у трубы торпедного аппарата на «Стремительном», если количество труб равно 2?

Вариант 23. Данные 2. К какой группе вертолетов относится вертолет, если количество членов экипажа равно трем?

Вариант 24. Данные 3. Какую толщину брони имеет танк Т-70?

Вариант 25. Данные 1. Какое количество труб у торпедного аппарата, установленного на «Стремительном», если диаметр трубы 533 мм?

Вариант 26. Данные 2. По какой схеме спроектирован вертолет Ми-6?

Вариант 27. Данные 3. К какой группе относится танк, если толщина его брони более 100 мм?

Вариант 28. Данные 1. Какой калибр имеет пушка у «Храброго», если дальность стрельбы 5 км?

Вариант 29. Данные 2. Какие вертолеты спроектированы по соосной схеме?

Вариант 30. Данные 3. На каком танке устанавливается пулемет калибра 12,7 мм?

3 Общие положения

Фреймом называют представление знаний следующего вида:

$$\{n, (ns_1, vs_1, ps_1), (ns_2, vs_2, ps_2), \dots, (ns_k, vs_k, ps_k)\},$$

где n – имя фрейма, ns – имя слота, vs – значение слота, ps – имя присоединенной процедуры. Фрейм состоит из слотов. Слоты – это некоторые незаполненные подструктуры фрейма. После заполнения слотов конкретными данными, фрейм будет отражать ту или иную ситуацию, явление или объект предметной области. Процедура является необязательным элементом слота. В качестве значений слотов могут выступать имена других фреймов, что обеспечивает построение сети фреймов.

Рассмотрим сеть иерархически упорядоченных фреймов, представляющих графические объекты (рисунок 4).

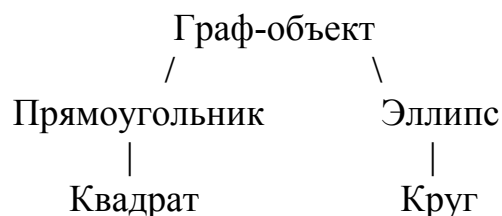


Рисунок 4 – Иерархия графических объектов

Фрейм на языке Пролог можно представить совокупностью предикатов `фрейм(Имя_фрейма, Имя_слота, Фацет, Значение)`, каждый из которых определяет значение соответствующего фацета (аспект) слота. Например, корневой графический объект можно описать предикатом

фрейм(граф_объект, позиция, значение, [0,0]).

Фрейм прямоугольника отличается от обобщенного графического объекта наличием дополнительных слотов:

фрейм(прямоугольник, is_a, значение, граф_объект).

фрейм(прямоугольник, сторона_x, значение, 1).

фрейм(прямоугольник, сторона_x, диапазон, [1,511]).

фрейм(прямоугольник, сторона_y, значение, 2).

фрейм(прямоугольник, сторона_y, диапазон, [1,311]).

фрейм(прямоугольник, площадь, если_нужно, площадь_прямоугольника).

Поиск значений по иерархии фреймов можно выполнить с помощью предиката:

поиск(Фрейм, Слот, Фацет, Значение):-

 фрейм(Фрейм, Слот, Фацет, Значение).

поиск(Фрейм, Слот, Фацет, Значение):-

 фрейм(Фрейм, is_a, значение, Род_фрейм),

 поиск(Род_фрейм, Слот, Фацет, Значение).

Так как значение некоторых слотов могут вычисляться с помощью процедуры “если-нужно”, то на основе предиката поиск определим общий предикат определения значений:

определить_значение(Фрейм, Слот, Значение):-

 поиск(Фрейм, Слот, Фацет, З),

 (Фацет = значение, !, Значение = З;

 Фацет = если_нужно,

 Демон = ..[З, Фрейм, Слот, Значение],

 call(Демон)), !.

В этом случае процедуры-демоны должны представляться в виде предикатов:

имя_процедуры_демона(Фрейм, Слот, Значение):-...

Например:

площадь_прямоугольника(Фрейм, Слот, Значение):-

 определить_значение(Фрейм, сторона_x, X),

 определить_значение(Фрейм, сторона_y, Y),

 Значение is X*Y, !.

4. Порядок выполнения работы

1. Изучить способы представления знаний фреймами.
2. Представить знания, указанные в варианте задания, в виде сети фреймов. Представить вопрос в соответствии с вариантом задания в виде списка и в виде фрейма. В виде списка вопрос можно представить следующим образом [{[Имя_фрейма, Имя_слота, Фацет, Значение]}].
3. Составить алгоритм поиска ответа в сети фреймов и написать программу в соответствии с алгоритмом.
4. Сравнить время поиска ответа, когда вопрос представлен в виде списка и в виде фрейма.

5. Контрольные вопросы

1. Что представляет собой фрейм?
2. Каким образом осуществляется связь в сети фреймов?
3. Какие процедуры называются процедурами-демонами и когда они используются?
4. Что понимают под процедурами-слугами?
5. Каким образом можно представить фрейм на языке Пролог?
6. Как должны представляться присоединенные процедуры?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарев В.Н. Искусственный интеллект/ В.Н. Бондарев Ф.Г. Аде - Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002. – 615с.: ил.
2. Visual Prolog Version 5.0. Language Tutorial – Prolog Development Center, 1997. 489 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине «Интеллектуальные информационные системы»
для студентов направления подготовки
09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Профиль «Прикладное программирование и интернет-технологии»

Ставрополь, 2025

Оглавление	ВВЕДЕНИЕ	3
1. Практическое задание на тему «Состав знаний и способы их представления».		3
2. Практическое задание по теме «Нейроподобные структуры. Нейрокомпьютеры и их программное обеспечение»		4
3. Практическое задание по теме «Интеллектуальные системы. Обучающие системы»		5
4. Практическое задание по теме «Моделирование систем, основанных на фреймах».....		6
5. Практическое задание по теме «Интеллектуальный интерфейс: лингвистический процессор, анализ и синтез речи»		7
6. Практическое задание по теме «Онтология и онтологические системы. Системы и средства представления онтологических знаний»		8
7. Практическое задание по теме «Онтология как аппарат моделирования системы знаний. Методы представления онтологий»		8
8. Практическое задание по теме «Программные реализации моделей нечеткой логики».....		9
9. Практическое задание по теме «Программные реализации алгоритмов нечеткого вывода при решении задачи подбора программного обеспечения в сфере образования»		9
10. Практическое задание по теме «Программные реализации алгоритмов нечеткого, нейронного и нейронечеткого управления в системах реального времени»		9
11. Практическое задание по теме «Выбор и концептуальное описание предметной области задачи принятия решений»		10
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....		23
Вопросы для самопроверки.....		24

1. Практическое задание на тему «Состав знаний и способы их представления»

Задание:

- Студенты по вариантам (вариант - часть квартиры) самостоятельно выполняют задание в рабочей тетради (лучше сначала на черновиках). Используется конспект лекций.
- Семантическая сеть должна содержать не менее 20 вершин с разными типами связей. Фреймовая модель должна содержать не менее 6 фреймов, связанных двумя типами связи. В продукции отразить все составляющие.
- В процессе работы каждый студент предоставляет преподавателю составленные модели. Преподаватель со студентом обсуждают и уточняют модели, при необходимости модели дорабатываются.
- Затем обучаемые составляют общую семантическую сеть и сеть фреймов понятия «Квартира» на доске и зарисовывают ее в тетрадь.

Представить декларативное знание о понятии «Квартира» четырьмя моделями представления знаний:

1. в виде семантической сети.
2. в виде фреймов.
3. в виде логической модели.
4. в виде продукционной модели.

Квартира состоит из:

1. Кухня.
2. Гостиная.
3. Прихожая.
4. Спальня.
5. Детская.

6. Санитарный узел (туалет).
7. Ванная комната.
8. Кладовка.
9. Гардеробная.
10. Комната отдыха (игровая комната).
11. Спортивная комната (тренажерная).
12. Бытовая комната.

Дополнительные задания:

1. Компьютерный класс.
2. Компьютерный клуб.

Результат: четыре модели (согласно варианту) и две общие модели в рабочей тетради.

2. Практическое задание по теме «Нейроподобные структуры. Нейро-компьютеры и их программное обеспечение»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.

2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания 1

По обвинению в ограблении перед судом предстали А, В и С. Установлено следующее:

- 1) если А не виновен или В виновен, то С виновен;
- 2) если А не виновен, то С не виновен.

Можно ли установить виновность для каждого из трех подсудимых?

Пример варианта задания 2

Семья состоит из отца Алексея, матери Веры и трех детей: Глеба, Даши и Жени. Обстоятельства, которые складываются в семье при просмотре телевизионной передачи,

таковы: если смотрит Алексей, смотрит и его жена. Смотрят либо Даша, либо Женя, либо обе

вместе. Смотрят либо Вера, либо Глеб, но никогда они не смотрят оба вместе. Даша и Глеб

всегда либо смотрят вместе, либо не смотрят вовсе. Если смотрит Женя, то смотрят и Алексей,

и Даша. Кто при этих условиях смотрит телевизионную передачу?

Пример варианта задания 3

Про некое лицо по имени Владимир известна следующая информация. Если Владимир интересуется логикой, то он либо запишется в следующем семестре на занятия по курсу "Логика", либо он ленив. Если Владимир самостоятельно изучил литературу по логике, то он интересуется логикой. Владимир самостоятельно изучал литературу по логике, Владимир не ленив. Вопрос: запишется ли Владимир в следующем семестре на курс "Логика"?

3. Практическое задание по теме «Интеллектуальные системы. Обучающие системы»

Задание

В процессе выполнения практической работы необходимо:

1. Найти информацию, характеризующую назначение и область применения заданного вида информационных систем.
2. Определить, к какому классу относится заданный вид информационных систем (по характеру использования информации, по сфере применения, по способу организации, по уровню и масштабу решаемых задач).
3. Составить общее описание заданного вида информационных систем.
4. Найти описание нескольких (не менее двух) современных информационных систем, относящихся к заданному виду.
5. Сформулировать краткое описание назначения и функциональных возможностей каждой из информационных систем по отдельности. Указать на характеристики и 7 свойства, которые являются общими для всех рассматриваемых ИС.
6. Составить таблицу отличий между информационными системами. Указать на их индивидуальные особенности, различающиеся количественные и качественные характеристики.
7. Разработать пример возможного применения одной из информационных систем в деятельности некоторого объекта автоматизации (предприятия или организации). Вид деятельности объекта автоматизации выбирается самостоятельно.
8. Составить документ-обоснование для внедрения информационной системы. Описать, чего позволит достичь внедрение информационной системы с точки зрения повышения эффективности работы объекта автоматизации (организации, предприятия).

Варианты индивидуальных заданий

1. Корпоративные информационные системы (КИС).
2. Системы автоматизации бизнес-процессов (САБП).
3. Геоинформационные системы (ГИС).
4. Системы электронного документооборота (СЭДО).
5. Системы управления корпоративным контентом.
6. Системы планирования ресурсов предприятия.
7. Системы управления взаимоотношениями с клиентами.
8. Системы управления веб-контентом.
9. Интеллектуальные информационные системы.
10. Системы поддержки принятия решений.
11. Информационно-управляющие системы.
12. Информационно-вычислительные системы.
13. Информационно-справочные системы.
14. Обучающие системы.
15. Поисковые системы.
16. Системы автоматизированного проектирования (САПР).

4. Практическое задание по теме «Моделирование систем, основанных на фреймах»

Задание

Необходимо: построить модель знаний в виде графа, фреймовую модель и семантическую сеть.

Варианты заданий

1. Построить модель представления знаний в предметной области «Железная дорога» (продажа билетов).
2. Построить модель представления знаний в предметной области «Торговый центр» (организация).
3. Построить модель представления знаний в предметной области «Автозаправка» (обслуживание клиентов).
4. Построить модель представления знаний в предметной области «Компьютерные сети» (организация).
5. Построить модель представления знаний в предметной области «Университет» (учебный процесс).
6. Построить модель представления знаний в предметной области «Компьютерная безопасность» (средства и способы ее обеспечения).
7. Построить модель представления знаний в предметной области «Компьютерная безопасность» (угрозы).
8. Построить модель представления знаний в предметной области «Интернет-кафе» (организация и обслуживание).
9. Построить модель представления знаний в предметной области «Разработка информационных систем» (ведение информационного проекта).

10. Построить модель представления знаний в предметной области «Туристическое агентство» (работа с клиентами).
11. Построить модель представления знаний в предметной области «Кухня» (приготовление пищи).
12. Построить модель представления знаний в предметной области «Больница» (прием больных).
13. Построить модель представления знаний в предметной области «Кинопрокат» (ассортимент и работа с клиентами).
14. Построить модель представления знаний в предметной области «Прокат автомобилей» (ассортимент и работа с клиентами).
15. Построить модель представления знаний в предметной области «Операционные системы» (функционирование).
16. Построить модель представления знаний в предметной области «Информационные системы» (виды и функционирование).
17. Построить модель представления знаний в предметной области «Предприятие» (структура и функционирование).
18. Построить модель представления знаний для ситуации: экзамен по дисциплине за семестр у преподавателя при составляющих: семестр, экзамен, преподаватель, оценка, студент, получать. ведомость при составляющих: дисциплина, студент, экзамен, семестр, преподаватель, оценка.
19. Построить модель представления знаний для ситуации: конференция по коммерческим вопросам при составляющих: дата, место проведения, тема, цель выступающие.
20. Построить модель представления знаний для ситуации: получение оценки при составляющих: преподаватель, студент, оценка, получать.
21. Построить модель представления знаний для ситуации: использования изделия при составляющих: организация, разработка технологического решения, исследование «физического эффекта», методы создания изделия.
22. Построить модель представления знаний для ситуации: информационная структура БД в машиностроении при составляющих: физические эффекты, технические решения, изделия, объект поставки изделия, приборы и стенды, нормативы.
23. Построить модель представления знаний для ситуации: классификация продукта при составляющих: название, область применения, способ хранения, способ транспортировки.
24. Построить модель представления знаний для ситуации: аудитория (описание) при составляющих: вместимость, назначение, составляющие, местонахождение.
25. Построить модель представления знаний для ситуации: животный мир при составляющих: вид, тип, среда обитания, особенности поведения.

**5. Практическое задание по теме «Интеллектуальный интерфейс:
лингвистический процессор, анализ и синтез речи»**

Задание

Решить задачу. Для этого условия задачи выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Вариант задания

Существуют студенты, которые любят всех преподавателей. Ни один из студентов не любит невежд. Следовательно, ни один из преподавателей не является невеждой.

6. Практическое задание по теме «Онтология и онтологические системы. Системы и средства представления онтологических знаний»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.
2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания

Даны утверждения. Трудные дети не логичны. Мы не презираем никого, кто не способен справиться с крокодилом. Мы презираем тех, кто нелогичен. Докажите, что из этих утверждений следует вывод: "Трудные дети способны справиться с крокодилом".

7. Практическое задание по теме «Онтология как аппарат моделирования системы знаний. Методы представления онтологий»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.
2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания

Тони, Майк и Джон являются членами клуба альпинистов. Каждый член клуба, не являющийся горнолыжником, является альпинистом. Альпинисты не любят дождя, и всякий, кто не любит снега, не является горнолыжником. Майк не любит то, что любит Тони, и любит то, что Тони не любит. Тони любит дождь и снег. Имеется ли такой член клуба, кто является альпинистом, но не является

горнолыжником?

8. Практическое задание по теме «Программные реализации моделей нечеткой логики»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.
2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания

Даны утверждения. Ни одна акула не сомневается в том, что она хорошо вооружена. Рыба, которая не умеет танцевать кадрили, заслуживает сострадания. Ни одна рыба не уверена в своем вооружении, если она не имеет хотя бы три ряда зубов. Все рыбы, за исключением акул, ласковы с детьми. Тяжелые рыбы не умеют танцевать кадрили. Рыба, имеющая три ряда зубов, не заслуживает сострадания. Оцените правильность вывода: "Тяжелые рыбы не являются неласковыми с детьми".

9. Практическое задание по теме «Программные реализации алгоритмов нечеткого вывода при решении задачи подбора программного обеспечения в сфере образования»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.
2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания

Про некое лицо по имени Владимир известна следующая информация. Если Владимир интересуется логикой, то он либо запишется в следующем семестре на занятия по курсу "Логика", либо он ленив. Если Владимир самостоятельно изучил литературу по логике, то он интересуется логикой. Владимир самостоятельно изучал литературу по логике, Владимир не ленив. Вопрос: запишется ли Владимир в следующем семестре на курс "Логика".

10. Практическое задание по теме «Программные реализации алгоритмов нечеткого, нейронного и нейронечеткого управления в системах реального времени»

Задание

1. Решить задачу в соответствии с заданием преподавателя. Условие задачи необходимо выразить с помощью формул исчисления высказываний, преобразовать формулы к множеству дизъюнктов и решить с использованием алгоритма, основанного на принципе резолюции.
2. В отчете отобразить дерево вывода и пояснить полученный результат.

Пример варианта задания

Тони, Майк и Джон являются членами клуба альпинистов. Каждый член клуба, не являющийся горнолыжником, является альпинистом. Альпинисты не любят дождя, и всякий, кто не любит снега, не является горнолыжником. Майк не любит то, что любит Тони, и любит то, что Тони не любит. Тони любит дождь и снег. Имеется ли такой член клуба, кто является альпинистом, но не является горнолыжником?

11. Практическое задание по теме «Выбор и концептуальное описание предметной области задачи принятия решений».

Описание работы

Данная работа соответствует этапу системного анализа задачи, с которого начинается проектирование любой экспертной системы. Это очень важный этап, на который следует обратить особое внимание. Он включает в себя процессы идентификации и концептуализации задачи, т.е. выделения соответствующей предметной области (ПО), сбора необходимой информации, консультаций с экспертами и начальной формализации задачи в виде концептуальной модели предметной области.

В качестве практической работы выполняется одно задание, которое состоит из 6-ти задач.

1. Построение модели предметной области для данной сферы деятельности человека.
2. Построение продукционной модели заданной предметной области в виде базы фактов (данных) и базы знаний и имитация работы этой модели в течение 5 тактов.
3. Построение фрагмента модели заданной предметной области на языке исчисления высказываний.
4. Построение фрагмента модели заданной предметной области на языке исчисления предикатов путём соответствующего усложнения.

5. Построение фрагмента модели предметной области в виде семантической сети.

6. Построение фрагмента предметной области в виде сети фреймов.

Темы заданий.

Выбирается одна из приведенных ниже тем, и на ее основе выполняются все 6 вышеперечисленных задач. Указанные темы не являются обязательными. Студент вправе предложить свою, близкую ему, тему.

1. Сборка арки с помощью робота. Арка состоит из 2-х вертикальных и одной горизонтальных балок. Первоначально все балки находятся в различных точках стройплощадки.
2. Создание нового текстового файла в редакторе Word. Исходное состояние – компьютер выключен.
3. Запуск в рабочее состояние автомобиля. Начальное состояние – водитель рядом с машиной.
4. Заправка бензобака автомобиля у бензоколонки. Начальное состояние – автомобиль у бензоколонки.
5. Замена картриджа у принтера. Начальное состояние – картридж лежит рядом с принтером.
6. Прием–передача информации на пейджер с помощью пейджинговой компании. В процессе участвуют три человека: 1-й отправляет сообщение, 2-й принимает сообщение, 3-й – оператор – передает сообщение.
7. Установка автомашины в гараж. В начальный момент времени машина стоит у гаража, гараж закрыт.
8. Автоматизированный комплекс (конвейер) проверки наполнения бутылок квасом (водой, молоком и т.п.). В случае обнаружения недолива – доливает необходимое количество жидкости и поочередно снимает бутылки и ставит их в ящик.
9. Диагностика неисправностей блока питания компьютера.
10. Диагностика неисправностей компьютерного дисковод.
11. Ввод документа в компьютер с дискеты и его распечатка.
12. Передача документа по факсимильной связи.
13. Принятие решения о сертификации товара. Решение принимается на основе установления соответствия реквизитов товара (имя, № накладной, фирма, стоимость) реквизитам товаросопроводительных документов. При наличии несоответствий принимается решение об отправке на экспертизу. Если экспертиза подтверждает нарушение, то следует отказ в выдаче сертификата.
14. Диагностика неисправностей компьютера при его включении.
15. Управление лифтом (6 этажей, из двух или более нажатых кнопок выполняется та, которая меньше по номеру, если лифт идет вверх, и та, которая больше по номеру, если лифт идет вниз).
16. Заварка чая по-японски (по-русски, по-китайски и т.п.).

17. Приготовление борща.
18. Управление движением автомобилей на Т-образном перекрестке. Движение допускается в обе стороны. Решения: включить красный светофор, включить зеленый.
19. Управление потоком заданий на компьютер. Задания имеют ранг: 1, 2, 3; время решения соответственно: t_1 , t_2 , t_3 .
20. Обслуживание абонента в библиотеке.
21. Уход за комнатным цветком.
22. Обработка детали на станке, съём и замена детали.
23. Формирование каталога Интернет-ресурсов. Решение о регистрации принимается в случае соответствия заявленных данных о фирме поданным документам (тип деятельности, платежеспособность, оплата сервера и т.п.).
24. Диагностика неисправностей в работе принтера.
25. Форматирование дискеты и запись двух новых файлов.
26. Отправка посылки через почтовое отделение.
27. Ведение и обеспечение функционирования базы данных.
28. Ремонт копировального аппарата.
29. Осуществление модемной связи между двумя компьютерами. Предполагается, что один модем (ожидающий) ждет звонка, второй (инициирующий) осуществляет звонок.
30. Рыбалка: смоделировать процесс рыбной ловли.
31. Сортировка поездов на сортировочной станции.
32. Уход за цветком в теплице.
33. Управление взлетом самолетов в аэропорту (одна взлетно-посадочная полоса).
34. Игра в "крестики-нолики".
35. Перевозка через реку волка, козы и капусты.
36. Распределение вакансий на бирже труда.
37. Заключение договора на поставку оборудования.

Порядок выполнения работы

Начинать выполнение заданий следует с построения модели предметной области (ПО).

Продукционные модели ПО, кстати говоря, могут использоваться при построении моделей исчисления высказываний, исчисления предикатов, а также моделей сетевого или фреймового типа. Содержательной основой для этого могут служить факты базы данных (БД) и правила базы знаний (БЗ). Факты БД по своей сути являются простыми высказываниями, истинность которых определена. Они истинны, так как все факты, попадающие в БД, по определению истинны. Правила БЗ необходимо интерпретировать как правильно построенные формулы исчисления высказываний (ППФ).

Для иллюстрации сказанного рассмотрим классический пример с обезьяной и бананами.

Задача 1. На основе фактов БД и правил БЗ построим формальную модель этой предметной области на языке исчисления высказываний. Сначала для этого необходимо определить алфавит, т.е. набор символов, обозначающих высказывания, которые мы определим, например, следующим образом:

- A – "Обезьяна находится в точке a",
- B – "Ящик находится в т. b",
- C – "Бананы находятся в т. c",
- D – "Обезьяна находится на Ящике",
- E – "Обезьяна держит Бананы",
- F – "Обезьяна, Ящик, Бананы находятся в разных точках",
- G – "Обезьяна находится рядом с ящиком".

Используя логические связки: $\neg$, $\wedge$, $\vee$, $\rightarrow$, $\equiv$, мы можем строить более сложные умозаключения. Например:

1). $(A \wedge B \wedge C) \rightarrow F$.

(Если все предметы находятся на своих исходных позициях, т.е. в точках a, b, c соответственно, то справедливо сказать: "Обезьяна, Ящик, Бананы находятся в разных точках").

2). $F \rightarrow \bar{G}$.

(Если "Обезьяна, Ящик, Бананы находятся в разных точках", то "Обезьяна находится не рядом с Ящиком").

3). $F \rightarrow \bar{D}$.

(Если "Обезьяна, Ящик, Бананы находятся в разных точках", то "Обезьяна не находится на Ящике").

4). $F \rightarrow \bar{E}$.

(Если "Обезьяна, Ящик, Бананы находятся в разных точках", то "Обезьяна не держит Бананы").

Высказывания 2, 3, 4 можно объединить в одно с помощью логической связки "И":

5). $F \rightarrow (\bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E})$.

6). $\bar{F} \rightarrow (D \wedge E)$.

(Если "Обезьяна, Ящик и Бананы находятся не в разных точках", (т.е. в одной), то "Обезьяна стоит на Ящике" И "Обезьяна держит Бананы").

7). $\bar{D} \rightarrow \bar{E}$.

(Если "Обезьяна не на Ящике", то "Обезьяна не держит Бананы").

Таким образом, фрагмент предметной области на языке исчисления высказываний (ИВ) представляет собой следующий набор формул (БЗ):

$$\begin{aligned} &(A \wedge B \wedge C) \rightarrow F; \\ &F \rightarrow (\bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E}); \\ &\bar{F} \rightarrow (D \wedge E); \end{aligned} \tag{1}$$

$$\bar{D} \rightarrow \bar{E}.$$

Для простоты введем обозначение $S = A \wedge B \wedge C$.

Теперь, используя механизм вывода ИВ, мы можем доказать выводимость любой другой формулы, структура которой соответствует синтаксису ИВ (в рамках данной модели). Докажем, например, что формула

$$(\bar{S} \wedge D) \rightarrow E \quad (2)$$

выводима. Ее смысл: если "Обезьяна, Ящик и Бананы не в исходных точках" И "Обезьяна на Ящике", то "Бананы в руках у Обезьяны".

Логический вывод можно сделать несколькими способами. 1).

Можно, например, использовать таблицу истинности, которая дает исчерпывающую картину значений переменных. При этом формулы (1) и (2) образуют выражение логического вывода в виде (см. [1], стр. 59-61):

$$((A \wedge B \wedge C) \rightarrow F) \wedge (F \rightarrow (\bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E})) \wedge (\bar{F} \rightarrow (D \wedge E)) \wedge (\bar{D} \rightarrow \bar{E}) \cdot ((\bar{S} \wedge D) \rightarrow E) \quad (3)$$

Далее следует вычислить значения выражений слева и справа от знака $\cdot$. Если окажется, что формула справа принимает значение И как только все формулы (1), образующие левую часть, одновременно примут значение И, то логическая выводимость (2) из (1) доказана.

Но нелегкое это дело – считать по таблице истинности. Формула (3) имеет 7 переменных. Это значит, что таблица будет содержать 2^7 , т.е. 128 строк! Есть ведь и другие методы.

2). Можно попытаться использовать метод вывода, основанный на системе аксиом исчисления высказываний. Но это тоже очень трудоемкий процесс.

3). Лучше всего попробовать метод опровержения, основанный на принципе дедукции и реализуемый посредством резолюций (см. [1], стр.65-71). Согласно этому методу, выводимость формулы (2) из системы (1) доказывается от противного: формула (2) выводима из (1), если присоединение её отрицания к системе (1) делает вновь образованную систему противоречивой. Другими словами, следует доказать противоречивость системы

$$\begin{aligned} &1) S \rightarrow F; \\ &2) F \rightarrow (\bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E}); \\ &3) \bar{F} \rightarrow (D \wedge E); \\ &4) \bar{D} \rightarrow \bar{E}; \\ &5), \end{aligned} \quad (4)$$

где под номером 5 как раз и стоит отрицание формулы (2). Далее применяем метод резолюций. Для начала все пять предложений следует представить в виде конъюнкции элементарных дизъюнктов (КНФ) ([1], стр. 67 – 74). Для простоты дизъюнкцию будем обозначать "+".

Для первого предложения имеем: 1'. $\bar{S} + F$.

Для второго: 2'. $\bar{F} + (\bar{G} \wedge \bar{D} \wedge \bar{E})$.

Для третьего: 3'. $F + (D \wedge E)$.

Для четвертого: $4'. D + \bar{E}.$

Для пятого приведем цепочку преобразований:

$$5'. = \overline{(\bar{S} A D)} + E = \overline{(\bar{S} + \bar{D})} + E = \bar{S} A D A \bar{E}.$$

Пользуясь правилом раскрытия конъюнкции по дизъюнкции ([1], стр. 52, 56), имеем для 2': $(\bar{F} + \bar{G}) \wedge (\bar{F} + \bar{D}) \wedge (\bar{F} + \bar{E});$

для 3': $(F + D) \wedge (F + E).$

Конъюнкция 5' распадается на три одночленных дизъюнкта: $\bar{S}, D, \bar{E}.$

Теперь у нас имеется система элементарных дизъюнктов, на основе которой проводим вывод методом резолюции.

1. $\bar{S} + F.$ Резольвенты
 2. $\bar{F} + \bar{G}.$
 3. $\bar{F} + \bar{D}.$
 4. $\bar{F} + \bar{E}.$
 5. $F + D.$
 6. $F + E.$
 7. $S.$
 8. $D.$
 9. $\bar{E}.$
 10. F (6, 9).
 11. $\bar{D}$ (3, 10).
 12. "Л" (8, 11).
- Мы получили "пустой" (ложный) дизъюнкт. Это значит, что выводимость формулы (2) из системы (1) доказана, т. е. утверждение (2) истинно.

Отметим, что приведенная резолюция не единственно возможная. Можно и по-другому. Например:

- 10'. $\bar{F}$ (3, 8).
- 11'. E (6, 10').
- 12'. "Л" (9, 11'). И т.п.

Задача 2. Рассмотрим теперь методику построения формальной модели ПО на языке исчисления предикатов 1-го порядка. Напомним, что предикатная форма есть дальнейшее развитие исчисления высказываний. К ней также приводятся отношения, полученные при построении продукционной модели. Подробно исчисление предикатов (ИП) рассматривается в [1], гл. 6.

Берем всё тот же пример с обезьяной и бананами. Считаем, что модель предметной области уже построена ([1], стр. 11-12). Следует отобразить ее в терминах ИП. Алфавит А ИП, как известно, кроме символов $\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \sim, \forall, \exists$, содержит также:

- индивидные константы,
- предметные переменные,
- функциональные константы,
- высказывания,
- предикатные константы.

Очевидно, что роль индивидных констант здесь будут играть элементы

множества X МПО, т.е. множество имен объектов. У нас это: Обезьяна (О), Ящик (Я), Бананы (Б). Роль предметных переменных – элементы множества C (множество имен свойств объектов). В нашем примере это координаты Обезьяны, Ящика и Бананов – соответственно x, y, c . Область определения для них – множество D точек комнаты. В качестве функциональных переменных, как правило, выступают операторы (действия). В нашем случае – множество $G = \{g_1 - \text{подойти}, g_2 - \text{перенести}, g_3 - \text{взобраться}, g_4 - \text{схватить}\}$. Областью определения функций является множество состояний предметной области, которое возникает в результате выполнения этих действий. Это состояния, являющиеся предусловиями и постусловиями применения действий ([1], стр. 14-16). Обозначим это множество состояний через $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ (см. также [2], стр. 23 – 27).

Множество высказываний можно оставить прежним (из вышеприведенного примера 1), но мы возьмем другое.

Множество R – множество имен отношений. Например:

$HA(O, Я)$ – Обезьяна НА Ящике;

$Y(O, Я)$ – Обезьяна У Ящика;

$\bar{B}(O, Б)$ – Бананы НЕ-В руках Обезьяны;

и т.п. – готовая предикатная форма записи.

Координаты объектов введем через одноместные предикаты.

$O(x)$ – Обезьяна находится в т. x ;

$Я(y)$ – Ящик находится в т. y ;

$B(c)$ – Бананы висят в т. c . Здесь $(x, y, c \in D)$.

Трехместный предикат делает семантику более гибкой:

$B(O, Я, x)$ – Обезьяна и Ящик находятся в т. x .

$Y(O, Б, c)$ – Бананы у Обезьяны в т. c .

Из сказанного видно, что роль термов у нас играют индивидные константы $(O, Я, Б)$ и предметные переменные (x, y, c) . Но этого недостаточно, т.к. они описывают лишь отдельные состояния предметной области. Переход из одного состояния в другое осуществляется под действием операторов g_i , прилагаемых в данной точке x к конкретному состоянию s : $g_i(x, s)$. Это тоже терм. Следовательно, допустимы такие выражения (будем помнить, что выполняются условия $x, y, c \in D$; $s \in S$):

$B(O, Я, y, g_1(x, s))$ – "Обезьяна и Ящик находятся в т. y в результате применения оператора подойти к Ящику к состоянию s в т. x ";

$HA(O, Я, y, g_2(y, s))$ – "Обезьяна сидит на Ящике в т. y в результате применения оператора взобраться на Ящик к состоянию s ".

Используя таким образом язык исчисления предикатов, запишем нашу модель предметной области в виде следующих аксиом.

1. $\forall x \forall s [\overline{PЯДОМ}(O, Я, x, s)) \rightarrow B(O, Я, y, g_1(x, s))]$ –

"для всех x и s : если в состоянии s Обезьяна и Ящик не находятся рядом в т. x , то Обезьяна может оказаться в т. y , где находится Ящик, путем применения

к ситуации s оператора g_1 (подойти к Ящику) из точки x в точку y ".

2. $\forall y \forall s [(B(O, Я, c, g_2(y, s)) \rightarrow HA(O, Я, c, g_3(c, s)))] -$

"для всех y и s : если Обезьяна и Ящик под действием оператора g_2 (перенести Ящик) оказались в точке c , то Обезьяна обязательно заберется на Ящик под действием g_3 (взобраться на Ящик)".

3. $(\neg Y(O, Б, c, S_H)) \rightarrow HA(O, Я, c, S_H) -$

"если в точке c у Обезьяны нет Бананов, то она НЕ-НА Ящике".

4. РЯДОМ $(O, Я, b, S_H) -$

"в начальном состоянии Обезьяна и Ящик не находятся рядом".

5. $\forall y \forall s (B(O, Я, c, g_2(y, s))) -$

"для всех y и s : Обезьяна и Ящик находятся в точке c в результате применения оператора g_2 (перенести Ящик)" к состоянию s .

(В выражениях 3–4 кванторы $\forall$ отсутствуют, т.к. это конкретные высказывания, характеризующие начальное состояние S_H).

Поставим теперь вопрос: существует ли такое состояние $s \in S$ в некоторой точке $x \in D$, при котором Бананы находятся у Обезьяны? Формально вопрос запишется так:

6. $\exists s (Y(O, Б, x, s)),$

т.е. мы как бы говорим: "Да, существует такое состояние s ". Требуется, таким образом, доказать, что это утверждение истинно. С точки зрения формальной логики это случится, если выражение 6 окажется логическим следствием пяти предыдущих посылок:

$(1. 2. 3. 4. 5) \cdot 6 .$

Как и прежде, будем использовать метод опровержения и, как следствие, метод резолюций. Для начала приведем выражения, имеющие кванторы, к предваренной нормальной форме ([1], стр. 81 – 86), затем возьмем отрицание от формулы 6. В последнем случае получим цепочку преобразований:

$$\neg \exists s (Y(O, Б, x, s)) = \forall s (\neg Y(O, Б, x, s)) = \neg Y(O, Б, x, s).$$

Добавим полученное выражение к пяти вышеприведенным формулам, представленным в предваренной форме ([1], стр. 85). Получим следующую систему предложений:

1'. РЯДОМ $(O, Я, x, s) \vee B(O, Я, y, g_1(x, s));$

2'. $\neg B(O, Я, c, g_2(y, s)) \vee HA(O, Я, c, g_3(c, s));$

3'. $Y(O, Б, c, S_H) \vee \neg HA(O, Я, c, S_H);$

4'. $\neg \text{РЯДОМ}(O, Я, b, S_H);$

5'. $B(O, Я, c, g_2(y, s));$

6'. $\neg Y(O, Б, x, s).$

Система из пяти предложений 1'–5' непротиворечива по построению (можно проверить). Если теперь путем подстановок и резолюций мы определим пустой дизъюнкт в расширенной системе 1' – 6', то это будет означать, что добавление 6' приводит ее к противоречию. Но 6' есть отрицание выводимого нами

утверждения 6, и поэтому само выражение 6 приводить к противоречию уже не будет (что-нибудь одно!). И, следовательно, выводимо (см. [1], стр. 90 – 96).

Делаем подстановки, строим резольвенты (напомним: подстановки касаются всего предложения в целом). В скобках обозначены номера предложений, участвующих в резолюции.

Резольвенты	Подстановки	замены
7'. $HA(O, Я, c, g3(c, s))$,	(2', 5')	
8'. $\overline{HA}(O, Я, c, Sh)$,	(3', 6')	$c/x; Sh/s.$
9'. "Л".	(7', 8')	$Sh/g3(c, s).$

Нашли "пустой" дизъюнкт. Это значит, что наше утверждение $\exists s(Y(O, B, x, s))$ верно: "Да, существует такое состояние s , при котором Бананы в руках у Обезьяны".

Показанный путь проведения логического вывода, очевидно, не единственный. Возможны другие пути. Например:

7". (1', 4'), 9". (3', 8"),
8". (7", 2') 10". (6', 9"). И т.п.

В качестве упражнения предлагаем раскрыть эти резольвенты, разумеется, с учетом подстановок.

В данном случае мы показали, как получить ответ на самый простой вопрос – "да" или "нет". Могут быть и более сложные выводы. Например: какие действия необходимо выполнить для того, чтобы Обезьяна находилась на Ящике? Или: что Обезьяне надо сделать, чтобы Бананы находились у нее в руках? И т. п.

Ответы на такие вопросы мы сейчас рассматривать не будем, хотя для этого есть все возможности. Такого рода выводы называются дедуктивными и являются основой работы с дедуктивными базами данных. Это мощнейшее и интереснейшее приложение к логике исчисления предикатов, которое в данном пособии не рассматривается из-за недостатка места.

Задача 3. Рассмотрим теперь методику построения модели предметной области, основанной на семантических сетях (СС). В разделе 2 ([2], стр. 30 и далее) приводятся несколько типов СС: предикативные, атрибутивные, иерархические и другие. Мы рассмотрим пример построения предикативной сети. (Студент вправе построить сеть любого другого типа). Вначале следует дать словесное описание ПО. Обозначим через P_i различные ситуации (предложения), возникающие в пространстве состояний.

P1. Обезьяна, Ящик и Бананы находятся в различных точках комнаты – соответственно a, b, c .

P2. Обезьяна видит Бананы И пытается их достать, но Бананы висят высоко.

P3. Обезьяна подходит к ящику и переносит его в точку c , затем залезает на Ящик.

P4. Обезьяна достает Бананы.

Мы описали состояние ПО "крупными блоками". Для построения сети следует разбить их на простые предложения. Мы видим, что первое предложение, по существу, соединяет три простые предложения; 2-е предложение – также состоит 3-х простых, но два из них соединены связкой И. Третье предложение, в свою очередь, распадается на три простые предложения. Союз "и" здесь не представляется связкой И, т.к. соединяет последовательность действий, а не их одновременность. Нам надлежит еще связать понятие "точка" с понятием "комната", ведь точка, по существу, – часть комнаты. В итоге получаем систему предложений:

	Предикатная запись
P111. Точка а есть часть комнаты (И)	Часть(т. а, комната),
P112. Точка b есть часть комнаты (И)	Часть(т. b, комната),
P113. Точка с есть часть комнаты.	Часть(т. с, комната),
P11. Обезьяна находится в т. а.	Наход (Обезьяна, т. а),
P12. Ящик находится в т. b.	Наход(Ящик, т. b),
P13. Бананы находятся в т. с.	Наход(Бананы, т. с),
P21. Обезьяна видит Бананы (И)	Видеть(Обезьяна, Ба-
наны),	
P22. Обезьяна пытается достать Бананы.	Пыт(Обезьяна, Бананы),
P23. Бананы висят высоко.	Висеть(Бананы, высоко),
P31. Обезьяна подходит к ящику.	Подход(Обезьяна, Ящик),
P32. Обезьяна переносит Ящик в т. с.	Перенос(Обезьяна,
Ящик),	
P33. Обезьяна влезает на Ящик.	Влезть(Обезьяна,
Ящик),	
P4. Обезьяна достает бананы.	Достать(Обезьяна, Ба-
наны).	

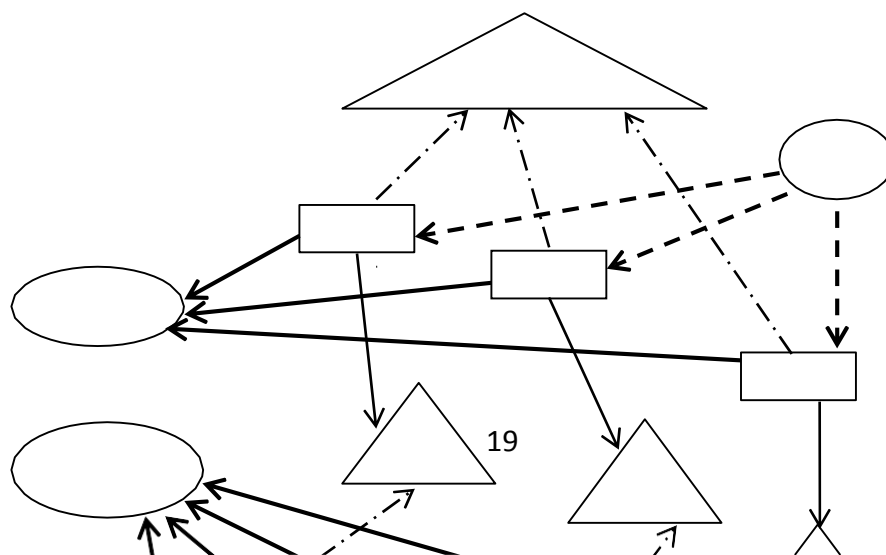


Рис. 1. Семантическая сеть для задачи 3.

Остается построить саму сеть. Для удобства объекты будем обозначать треугольником, предложения – прямоугольником, предикатные вершины – овалом. Стрелку предиката выделим жирной линией, стрелки предикатов логических связей – пунктиром, стрелку первого терма предиката сплошной, стрелку второго терма – штрих-пунктирной линиями. Полученная сеть показана на рисунке 1.

Данная семантическая сеть может дать ответы на множество самых разных вопросов. Например:

Какие предметы находятся в комнате?

Какие объекты могут быть переносимы из одной точки комнаты в другую?

Кто является субъектом действий?

Какие действия может выполнять обезьяна? И т.п..

Методику вывода на сетях мы здесь рассматривать не будем. Пример на эту тему рассмотрен в [2], стр. 41 - 42. Скажем только, что представление текстов в виде СС предикатного типа позволяет относительно легко привести содержание текста к формальному виду. Сам текст может быть различным, т.е. один и тот же смысл может быть описан разными текстами. Описывая смысл текста в виде кон-

кретной семантической сети, мы обеспечиваем как бы единственность его представления, что как раз и дает возможность использования СС для построения автоматизированных информационно-справочных и поисковых систем.

Задача 4. Рассматриваемую задачу об обезьяне и бананах представим теперь в виде сети фреймов. Это можно сделать по-разному, применяя в качестве фрейма различные понятия: либо объекты – О, Я, Б, К, либо действия, либо состояния ([1], стр. 37 – 39; [2], гл. 3). Для примера построим один из вариантов однородной СС, вершины которой являются действиями (процессами), а дуги этой сети обозначим как отношения "следовать за". В этом случае мы получаем фреймы – вершины с соответствующим описанием: ПОДОЙТИ (F1), ПЕРЕНЕСТИ (F2), ВЛЕЗТЬ (F3), СХВАТИТЬ (F4), СЛЕЗТЬ (F5), ОТОЙТИ (F6) и т.п.. Так как у нас выбрано только одно отношение – отношение следования, граф переходов будет иметь элементарный вид (рис. 2).

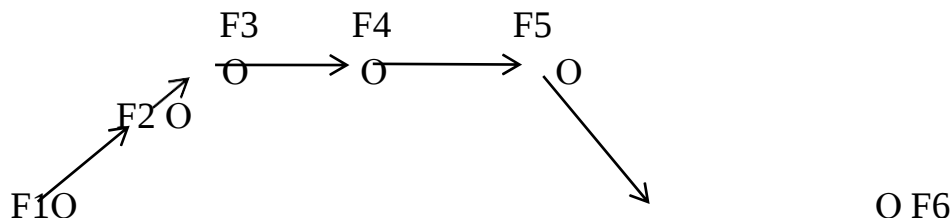
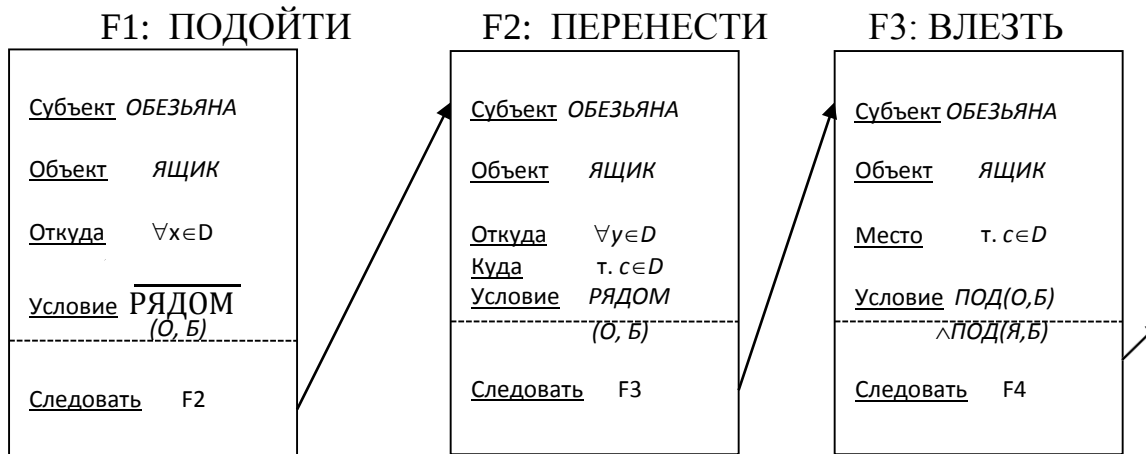


Рис. 2. Граф перехода действий к задаче на фреймах

В нашем примере фреймы имеют следующие слоты: субъект (тот, кто производит действия), откуда, куда, или место (все рассматриваемые точки комнаты: $\forall x \in D$), объект (на что направлено действие), условие выполнения (какое условие должно выполняться с тем, чтобы действие перешло на следующий фрейм), следовать (куда переходит действие, на какой фрейм).



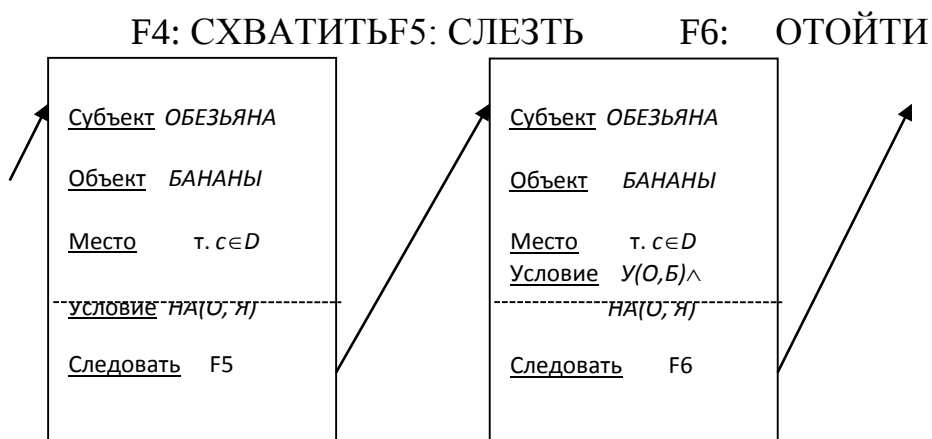


Рис. 3. Фрагмент сети фреймов

Как только выполняется слот условие, активизируется следующий по графу фрейм. Например, если был активизирован фрейм F4, то в нем проверяется выполнение условия "Обезьяна на Ящике". Если оно истинно, то срабатывает слот следовать и активность передается фрейму F5 (по стрелке). Здесь проверяется своё условие "Обезьяна у Бананов И Обезьяна на Ящике". И т.д.

В разделе 3 ([2], стр. 44 – 52) приводятся несколько других примеров описания предметной области в виде фреймов. Студент может выбрать тот метод, который более подходит в соответствии со смыслом задачи.

Задания выполняются индивидуально. После готовится отчёт по лабораторной работе и проводится защита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

Основной.

1. Болотова Л.С., Комаров М.А., Смольянинов А.А. Системы искусственного интеллекта// Теоретические основы СИИ и формальные модели представления знаний: Учебное пособие – М.: МИРЭА, 1998 – 108 с.
2. Болотова Л.С. Смольянинов А.А. Неформальные модели представления знаний в системах искусственного интеллекта: Учебное пособие – М.: МИРЭА, 1999 – 100 с.
3. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1985. – 376 с
4. Попов Э. В. Экспертные системы. - М.: Наука, 1987.
5. Построение экспертных систем / Под ред. Ф.Хейес - Рот, Д. Уотерман, Д. Ленат - М.: Мир, 1987.

Дополнительный.

6. Нильсон Н. Искусственный интеллект. - М.: Мир 1973.
 7. Лорьер Ж.Л. Системы искусственного интеллекта, - Мир, 1991.
 8. Кандрашина Е.Ю., Литвинцова Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Наука.
- Гл. ред. Физ. - мат. Лит. - 328 с.
9. Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем. - М.: Наука, 1983.
 10. Уотерман Д. Руководство по экспертным системам. – М.: Мир, 1989.
 11. Поспелов Д.А. Логико - лингвистические модели в системах управления. - М.: Энергия, 1981.
 12. Минский М. Фреймы для представления знаний. - М.: Мир, 1979.
 13. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. - М.: Наука, 1986.
 14. Практическое введение в технологию искусственного интеллекта и экспертных систем / Р.Левин, Д.Эделсом: Пер. с англ. - М.: Финансы и статистика, 1991. - 239 с.

Справочный

15. Логический подход к искусственному интеллекту / Тейз А., Грибомон П. и др. - М.: Мир, 1990.
16. Нейлор К. Как построить экспертную систему: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 286 с.
17. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. - М.: Радио и связь, 1989. - 184 с.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы отличия СИИ от моделей алгоритмического типа? Чем отличаются математические модели от моделей ИИ?
2. Дайте определение понятию "знания". В чем отличие "знаний" от "данных"?
3. Дайте определения понятиям: предметная область, модель ПО, состояние ПО, оператор, задача.
4. Какова структура модели предметной области? Перечислите ее составляющие и укажите их особенности.
5. Опишите этапы развития представлений о системах ИИ. Какова роль формально-логических моделей в СИИ?
6. Опишите процесс решения задачи в СИИ. Чем он отличается от традиционных представлений?
7. Какими недостатками для реализации СИИ обладают машины фон-неймана-новского типа?
8. Как строится граф пространства состояний? Приведите пример такого графа.
9. В чем суть метода поиска решения "в ширину"? Объясните на графе. (То же для метода "в глубину").
10. Как строится граф редукции ("И-ИЛИ")?
11. Дайте определение понятиям "высказывание", "интерпретация". Перечислите операции над высказываниями.
12. Что такое "правильно построенные формулы"? Приведите примеры ППФ.
13. Какие методы определения истинности высказываний вы знаете?
14. Перечислите признаки формальной теории применительно к ИВ.
15. Приведите пример формализации предметной области в понятиях ИВ.
16. Что значит "решить задачу" в ИИ? Каков механизм вывода в ИВ?
17. В чем состоит основная проблема при решении логических задач?
18. Дайте определение теоремы дедукции.
19. В чем состоит метод резолюций? Приведите теорию, лежащую в основе метода. Что такое резольвента? Поясните работу метода резолюций на конкретном примере.
20. Приведите пример предиката 1-го порядка.
21. Из каких элементов состоит алфавит (словарь) ИП?
22. Дайте определение ППФ в ИП и приведите пример.
23. Какие новые аксиомы по сравнению с исчислением высказываний вводятся в ИП?
24. Приведите пример общезначимых и противоречивых (невыполнимых) ППФ.