Отчет по лабораторной работе № 3 «Логическое программирование на языке GNU Prolog»			
дата	Оценка (max 5)	Бонус за сложность	подпись

Цели работы:

Получить практические навыки применения систем и языков логического программирования для построения систем, основанных на знаниях. Создать экспертную систему по диагностике и ремонту компьютеров с использованием среды GNU Prolog

Задачи работы:

На языке Пролог реализовать базу знаний на выбранную тему, с использованием прямого либо обратного логического вывода. База знаний должна обязательно включать несколько уровней рассуждений (т.е. окончательные выводы не должны напрямую следовать из комбинаций входных данных, необходимо использовать промежуточные выводы) и демонстрировать некоторую интеллектуальность в принятии решений. Ориентировочное количество правил если-то – около 50 шт.

Задание повышенной сложности (бонус за сложность – 10 баллов):

Разработать полнофункциональную экспертную систему на языке Пролог (прототип модули ЭС на Си, файл lab1.doc) для синтеза технических решений по варианту комплексного заданя.

Краткий конспект теоретической части (изучите теоретическую часть файл lab3.doc)

Что такое язык ПРОЛОГ _____

Типы данных языка Пролога и их свойства _____

Синтаксис программ на языке Пролог _____

Понятие списков и их использование _____

PROLOG (PROgramming in LOGic) – это язык программирования, используемый для решения задач, в которых действуют объекты и отношения между этими объектами. Предложен в районе 1972 года Alain Colmerauer и Philippe Roussel и на данный момент не стандартизирован. Существует много реализаций данного языка: Visual Prolog, PDC Prolog, Turbo Prolog, Prova, InterProlog, GNU Prolog. В рамках занятий используется

GNU Prolog (доступен для скачивания на http://www.gprolog.org/). Возможно выполнение заданий на любой другой реализации языка.

На рис. 1. Представлен внешний вид главного окна GNU Prolog.

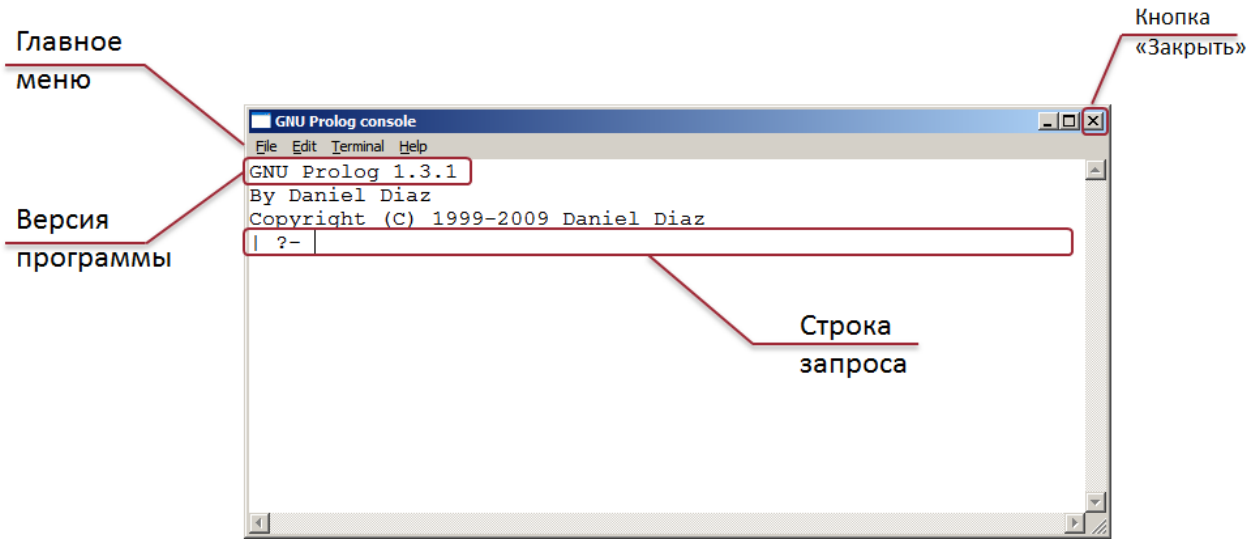


Рис. 1 – Внешний вид главного окна GNU Prolog.

Основные команды GNUProlog:

- **[**file_name**].** - загрузить файл с кодом программы (файл указывается без расширения «.pl»)
- **trace.** - включить режим трассировки программы.
- **notrace.** - выключить режим трассировки программы.
- **halt.** - завершить выполнение программы.
- **[user].** - войти в режим интерактивного ввода программы. Control+D выход из режима интерактивного ввода программы

Задание: изучите теоретическую часть по ЛР, представленной на сервере http://oracle.iu4.bmstu.ru, скачайте и установите GNUProlog по следующей ссылке: http://www.gprolog.org/setup-gprolog-1.3.1.exe.

Синтаксис языка Prolog

Термы — единица данных, объект данных в Prolog. Подразделяются на:

- Переменные
- Константы
- Числа
- Атомы
- Строки
- Списки
- Структуры
- Составные термы

Переменными в Прологе являются строки символов, цифр и символа подчеркивания, начинающиеся с заглавной буквы или символа подчеркивания. В случае, если имя переменной состоит из одного символа “_”, переменная называется *анонимной*.

Область действия всех переменных, кроме анонимной, заключена в пределах высказывания. Анонимная переменная применяется, когда ее значение не используется в программе. Неоднократное употребление безымянной переменной в одном выражении применяется для того, чтобы подчеркнуть наличие переменных при отсутствии их специфической значимости.

Таким образом, в прологе переменные могут быть конкретизированы только один раз, например, выражение вида N = N + 1 не имеет смысла. Подобные вещи в основном реализуются за счёт рекурсии.

Числа – в привычном понимании целые и действительные числа.

Пример 1. Вклейте результат выполнения произвольного запроса с объявлением чисел.

?- A = 12, B = 0.5e4. *A = 12* *B = 5000.0*	

Пролог не производит вычисления автоматически, т.е. «2+3» будет восприниматься как терм. Для осуществления вычислений используется оператор «is».

Пример 2. Вклейте результаты выполнения нижеприведённых запросов

?- X = 2+3. **?- X is 2+3.**	

Основные арифметические операторы:

+	сложение
-	вычитание
*	умножение
/	деление
//	целочисленное деление
mod	остаток от деления
**	возведение в степень

Операторы сравнения:

=:=	равенство;
=\=	неравенство;
<	меньше;
>	больше;
>=	больше либо равно;
=<	меньше либо равно.

Задание 1. Разработайте запрос для вычисления среднего арифметического двух чисел.

Задание 2. Разработайте запрос для вычисления дискриминанта квадратного уравнения.

Атомы – это любая последовательность символов, заключённая в одинарные кавычки (апострофы).

Пример 3. Вклейте результат выполнения приведённого запроса.

?- A = abc, B = 'Hello World'. *A = abc* *B = 'Hello World'*

Строки – списки кодов символов в кодировке ASCII, из которых состоит данное выражение. Таким образом, к строкам применимы все те же операции, что и к спискам.

Пример 4. Вклейте результат выполнения приведённого запроса.

```
?- S = "Hello World!".
      S = [72,101,108,108,111,32,87,111,114,108,100,33]
```

Список - последовательность термов, заключенная в квадратные скобки.

Пример 5. Вклейте результат выполнения приведённого запроса.

```
?- A=[], B=[a, tro, 123, lolo, "Hello!"], C=[A,B].
      A = []
      B = [1,tro,123,lolo,[72,101,108,108,111,33]]
      C = [[],[1,tro,123,lolo,[72,101,108,108,111,33]]]
```

Это может быть любой пустой список, не содержащий ни одного элемента, либо структура, имеющая два компонента - **голову** и **хвост**. Пустой список не имеет ни головы, ни хвоста. Для расщепления списка в Прологе введена специальная форма - символ "|":

Выражение	**Голова**	**Хвост**
[a, b, c]	a	[b, c]
[a]	A	[ ]
[ ]	Нет головы	Нет хвоста
[[a, b], c]	[a, b]	[c]
[a, [b,c]]	A	[[b, c]]

Пример 6. Вклейте результат выполнения приведённого запроса.

```
?- Head = iu4, Tail = [f,o,r,e,v,e,r], Fool = [Head | Tail].
      Fool = [iu4,f,o,r,e,v,e,r]
      Head = iu4
      Tail = [f,o,r,e,v,e,r]
```

Задание 3. Разработайте запрос, выделяющий голову и хвост из списка *Fool* из примера 6.

Задание 4. Разработайте запрос, присваивающий переменной T последние 3 символа списка *Fool* из примера 6.

Знак "=" обозначает не императивное равенство (присвоение), а ***унификацию*** (что в других языках называется сопоставление с образцом), т.е. сопоставление левой и правой части и в случае удачного сопоставления конкретизация неизвестных значений.

Пример 7. Вклейте результат выполнения приведённого запроса.

```
?- tro=lolo.
      no                                %атомы несовместимы
?- trololo=trololo.
      yes                               %сопоставление удачно
?- 1=X.
      X=1
      yes                               %атомы несовместимы
?-[1,2| T] = [1,B,3,4].
      T = [3,4]
      B = 2
```

Логические операторы.

Функтор “**,**” – логическое **«И»**.

Пример 8. Вклейте результат выполнения приведённого запроса.

?- A = 2, B = 3, A = B. *no*	

Функтор “**;**” – логическое **«ИЛИ»**.

Пример 9. Вклейте результат выполнения приведённого запроса.

?- A = 2; A = 5. *A = 2* *A = 5*	

В данном случае система выдаёт неопределённый ответ. A может принимать как значение 2, так и 5.

Одной из особенностей языка Пролог является **backtracking** (перебор с возвратом). Добавим конкретики в предыдущий пример.

Пример 10. Вклейте результат выполнения приведённого запроса.

?- (A=2; A=5), A mod 2 =:= 0. *A = 2* *no*	

Для данного примера система рассуждает следующим образом — допустим A=2, проведем проверку на A mod 2 =:= 0 — это выполняется => сопоставление удачно — выполняется конкретизация (A=2), далее происходит откат (возврат) к первой части утверждения и проверяется гипотеза A = 5, что является ложью и система возвращает «no». Возврат после первого удачного сопоставления можно отменить с помощью оператора отсечения "!".

Задание 5. Модифицируйте пример 10 таким образом, чтобы система выходила из цикла сразу же после первого удачного сопоставления.

Программа на языке Prolog

До этого мы имели дело с интерактивным режимом. Программа должна храниться в текстовом файле с расширением ".pl". Для загрузки файла используется следующая команда:

```
[file_name].
```

где *file_name* – имя файла программы **без расширения ".pl"**.

Программа на Прологе обычно представляет собой совокупность фактов и предикатов. Таким образом, рассмотренные далее структуры должны быть занесены в текстовый файл, после чего загружены для исполнения в оболочке.

Структуры

Структура – конструкция следующего вида:

```
food(fruit, banana).      %банан – это фрукт, он съедобен
food(fruit, kiwi).              %киви – это фрукт, он съедобен
food(vegetable, cabbage). %капуста – это овощ, она съедобна
```

Структура в прологе представляется **функтором** (имя структуры - food) и **параметрами** (fruit, banana). Число параметров называется **арностью** функтора.

Утверждения подразделяются на факты и предикаты (правила).

Факт - это одиночная цель, которая, безусловно, истинна:

```
primacy(man).                % человек - примат
primacy(monkey).       % обезьяна – примат
```

Предикат (правило) состоит из одной головной цели и одной или более хвостовых целей, которые истинны при некоторых условиях:

```
can_eat(X) :- primacy (X).
```

Т.е., чтобы что-то могло есть, оно должно быть приматом.

Примеры описания фактов и предикатов представлены см. на следующей странице.

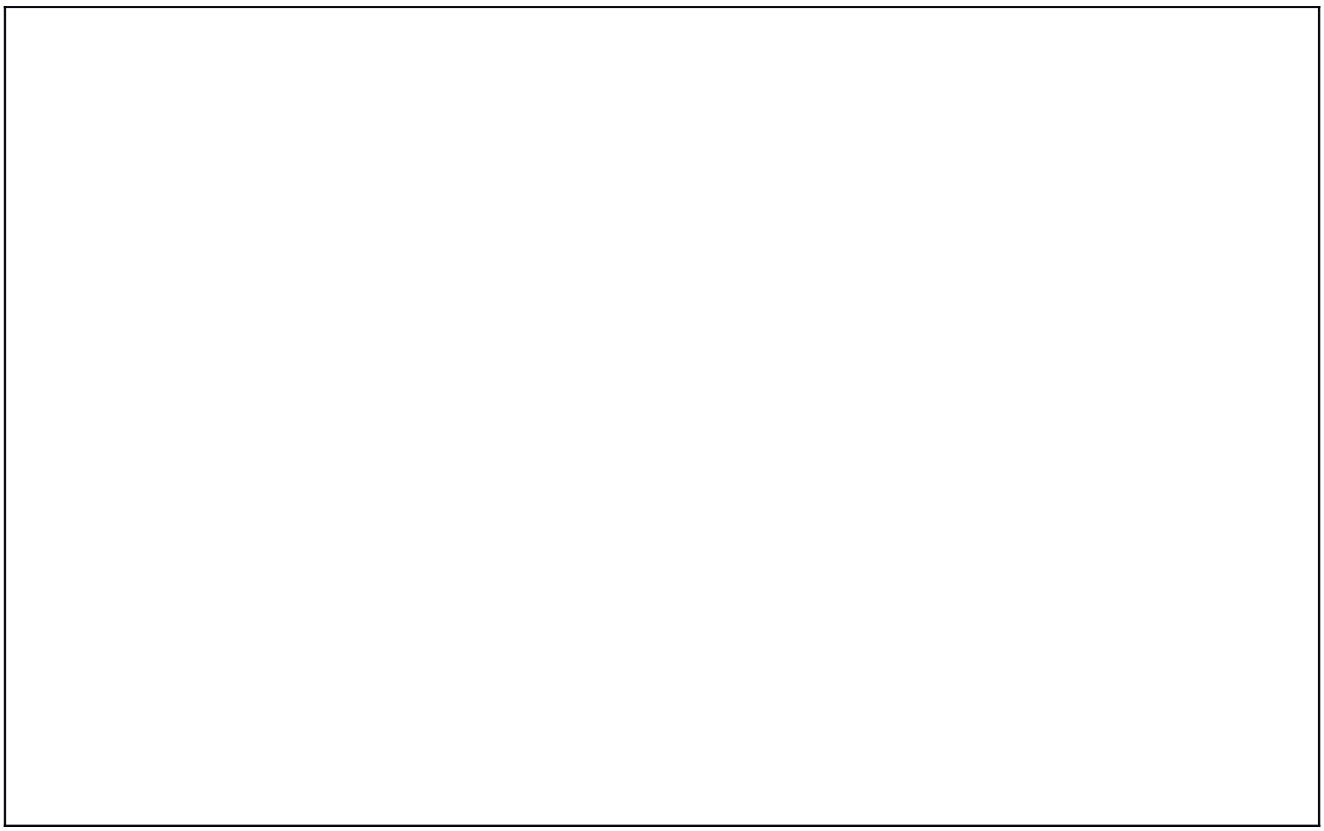
Задание 6. Разработайте базу знаний к Вашему примеру из Лабораторной работы №1

```
% типы живых существ: человек, обезьяна
primacy(man).
primacy(monkey).
```

```
% имена существ и принадлежность их к виду
exemplar(monkey,chicky).
exemplar(man,mark).
exemplar(man,yud).

% кто и где живёт
living(yud,russia).
living(mark,america).
living(chicky,africa).

% кто что ест
eating(chicky,banana).
eating(chicky,kiwi).
eating(yud,apple).
eating(yud,lemon).
eating(mark,onion).
eating(mark,potato).
eating(mark,cabbage).

% предикат, показывающий инфу о живых существах
% X - что за примат
% Y - его имя
% Z - где живёт
% E - что ест
alive(X,Y,Z,E):-
      primacy(X),
      exemplar(X,Y),
      living(Y,Z),
      eating(Y,E).









% еда: тип (фрукт/овощ), имя
food(fruit,banana).
food(fruit,lemon).
food(fruit,apple).
food(fruit, kiwi).
food(vegetable,onion).
food(vegetable,potato).
food(vegetable,cabbage).

% подробная инфа о еде: имя, вкус, цвет, форма.
description(banana,sweet,yellow,long).
description(lemon,sour,yellow,round).
description(apple,sweet,red,round).
description(kiwi,sour,green,round).
description(onion,bitter,yellow,round).
description(potato,sweet,brown,round).
```

```
description(cabbage,sweet,green,round).

% предикат, показывающий инфу о хавчике
% X - тип еды (фрукт/овощ)
% Y - название еды
% A - вкус
% B - цвет
% C - форма
havchik(X,Y,A,B,C):-
      food(X,Y),
      description(Y,A,B,C).
```

Вставьте скриншоты результатов выполнения запросов к вашей базе знаний.



Трассировка программы

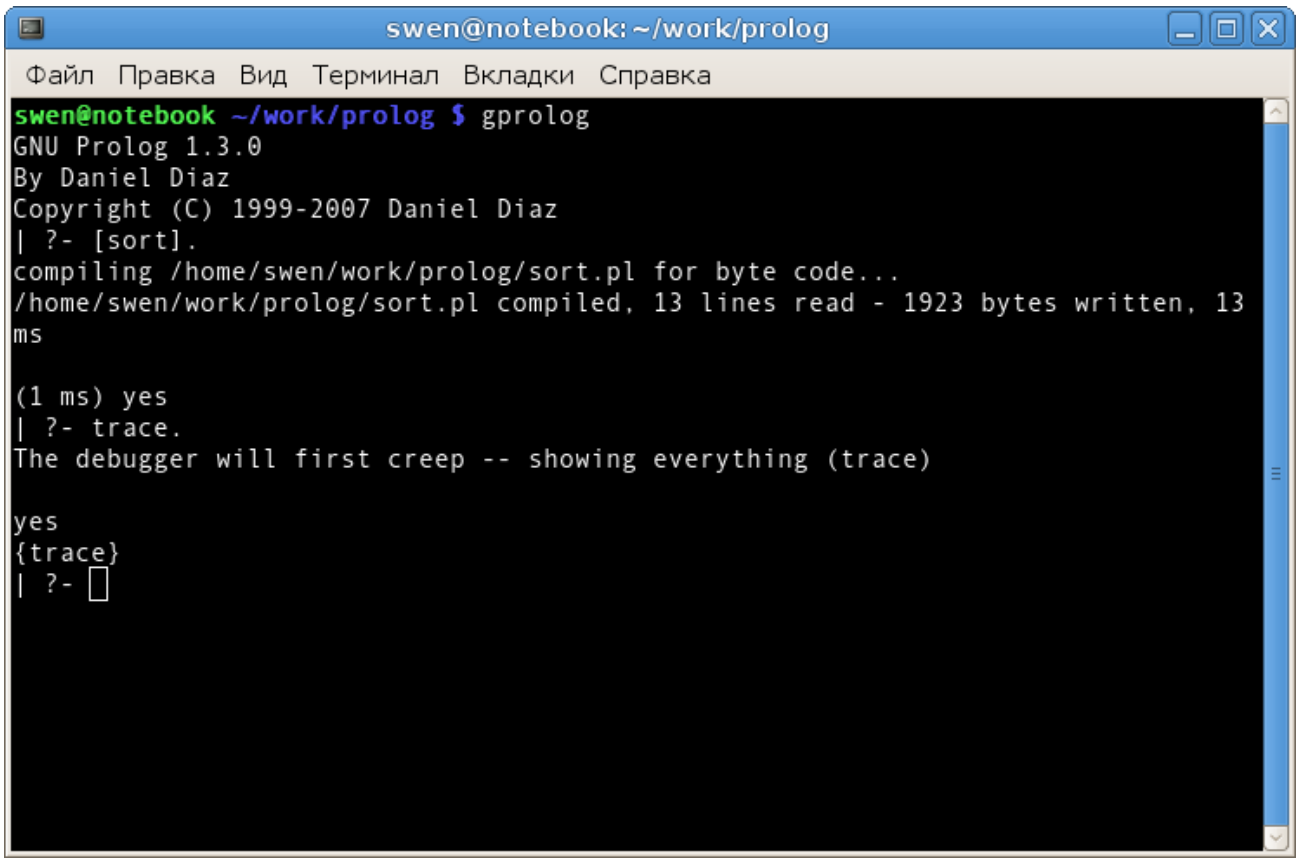
Трассировка – пошаговое выполнение программы. Для входа в режим трассировки необходимо выполнить одно из следующих действий:

- нажать “**Ctrl+C**”, затем ввести команду “**t**”;
- выполнить команду “**trace.**”

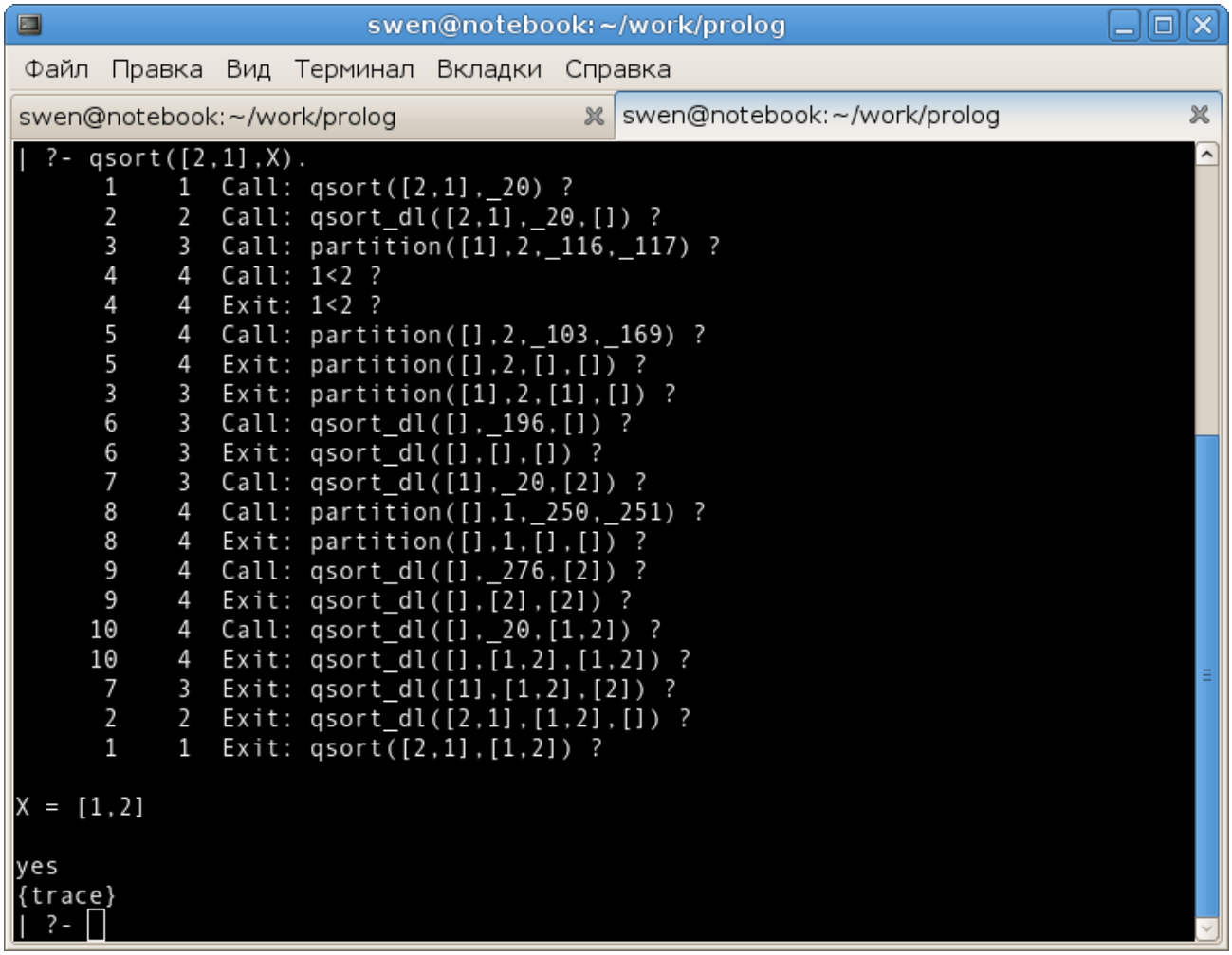
В качестве примера, рассмотрим трассировку программы быстрой сортировки.

```
qsort( IN, OUT ) :- qsort_dl( IN, OUT, [] ).
qsort_dl( [X|M], R, R0 ) :-
        partition( M, X, M1, M2 ),
        qsort_dl( M2, R1, R0 ),
        qsort_dl( M1, R, [X|R1] ).
qsort_dl( [], R, R ).
partition( [X|M], Y, [X|M1], M2 ) :-
        X<Y, !, partition( M, Y, M1, M2 ).
partition( [X|M], Y, M1, [X|M2] ) :-
        partition( M, Y, M1, M2 ).
partition( [], _, [], [] ).
```

Загрузка программы


swen@notebook: ~/work/prolog
Файл Правка Вид Терминал Вкладки Справка
swen@notebook ~/work/prolog $ gprolog
GNU Prolog 1.3.0
By Daniel Diaz
Copyright (C) 1999-2007 Daniel Diaz
| ?- [sort].
compiling /home/swen/work/prolog/sort.pl for byte code...
/home/swen/work/prolog/sort.pl compiled, 13 lines read - 1923 bytes written, 13 ms
(1 ms) yes
| ?- trace.
The debugger will first creep -- showing everything (trace)
yes
{trace}
| ?-

Режим пошагового выполнения



Задание 7. Выполните трассировку программы к своему примеру и вставьте скриншот с результатом её выполнения.

Контрольные вопросы

1. Формальная логика. Понятие. Суждение. Высказывание. Формальный язык, грамматика формального языка.

2. Логика предикатов. Интерпретация и унификация. Фразы Хорна. Принцип резолюции.
3. Парадигма декларативного программирования. Представление знаний с помощью фактов и правил. Управление вычислениями.
4. Простые и составные запросы. Понятие анонимной переменной.
5. Объекты данных. Структурирование множества объектов данных.
6. Рекурсивные вычисления.
7. Итерационные вычисления.
8. Рекурсивные структуры данных: списки. Способы обработки и примеры использования.
9. Рекурсивные структуры данных: деревья. Способы обработки и примеры использования.
10. Встроенные предикаты обработки символьных данных.
11. Встроенные предикаты управления вычислениями.
12. Способы представления баз знаний.
13. Представление баз знаний с использованием рекурсивных структур данных.
14. Создание графических изображений средствами языка Пролог.
15. Поиск на графах пространства состояний. Поиск в глубину и ширину.
16. Поиск на графах пространства состояний. Эвристический поиск.
17. Применение Пролога в естествознании.
18. Экспертные системы на правилах.
19. Экспертные системы на логике.

Список литературы

1. Адаменко А. Логическое программирование и Visual Prolog (+CD-ROM). BHV.
2. Попов Э.В. Экспертные системы: решение информационных задач в диалоге с ЭВМ. М.: Наука, 1987. 283 с.
3. Астаппн Н.И., Матвеев М.Г. Синтез задач ситуационного управления перерабатывающим предприятием // Научно-техн. сб. мясной и холодильной промышленности РА сельскохоз. наук. 1994. № 2. С. 19-22.
4. Айзерман М.А., Алесекров Ф.Т. Выбор вариантов. Основы теории. М.: Наука, 1990. 240 с.
5. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. М.: Мир, 1978. 311с.
6. Шоломов Л.А. Логические методы исследования дискретных моделей выбора. М.: Наука, 1989. 288 с.
7. Матвеев М.Г., Сысоев В.В. Концепция информационных технологий управления перерабатывающими производствами // Информационная бионика и моделирование. М.: ГОСИФТП РАН, 1995. С. 25-31.
8. Минский М. Фреймы для представления знаний. М., 1979.
9. Робототехника и гибкие автоматизированные производства: В 9 кн. Кн. б. Техническая имитация интеллекта / В.М. Назаретов. Д.П. Ким. Под ред. И.М. Макарова. М.: Высш. шк., 1986. 144 с.
10. Марселлус Д. Программирование экспертных систем на Турбо-ПРОЛОГЕ. М.: Финансы и статистика, 1994. 256 с.
Иван Братко «Программирование на языке Пролог для систем искусственного интеллекта»
11. Марселлус «Программирование экспертных систем на Прологе»
12. Нейлор «Как построить свою экспертную систему»