



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

---

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

---

**Лабораторная работа № 17**

Дисциплина Функциональное и логическое программирование

Тема Формирование эффективных программ на Prolog

Студент Ильясов И. М.

Группа ИУ7-63Б

Оценка (баллы) \_\_\_\_\_

Преподаватель Толпинская Н. Б., Строганов Ю. В.

Москва, 2020 г.

**Цель работы** – изучить способы организации эффективных программ на Prolog, особенности использования системных предикатов и порядок выполнения программ с их использованием.

### Задачи работы:

- приобрести навыки эффективного декларативного описания предметной области с использованием фактов и правил;
- изучить порядок использования фактов и правил в программе на Prolog, принципы и особенности сопоставления и отождествления термов, на основе механизма унификации. Способ формирования и изменения резольвенты. Порядок формирования ответа.

## Задание лабораторной работы

## В одной программе написать правила, позволяющие найти

- |    |                        |   |
|----|------------------------|---|
| 1. | Максимум из двух чисел | а) без использования отсечения,<br>в) с использованием отсечения; |
| 2. | Максимум из трех чисел | а) без использования отсечения,<br>в) с использованием отсечения; |

Убедиться в правильности результатов.

**Для каждого случая пункта 2 обосновать необходимость всех условий тела.**

Для одного из вариантов ВОПРОСА и каждого варианта задания 2 составить таблицу, отражающую конкретный порядок работы системы:

Т.к. резольвента хранится в виде стека, то состояние резольвенты требуется отображать в столбик: вершина — сверху! Новый шаг надо начинать с нового состояния резольвенты!

## Вопрос:...

№ шага	Состояние резольвенты, и вывод: дальнейшие действия (почему?)	Для каких термов запускается алгоритм унификации: $T1=T2$ и каков <b>результат</b> (и подстановка)	Дальнейшие действия: прямой ход или откат (почему и к чему приводит?)
1...	...	...	Комментарий, вывод...
...	...	...	...

## Текст программы

### predicates

```
max_with_cut2(integer, integer, integer).
max_without_cut2(integer, integer, integer).

max_with_cut3(integer, integer, integer, integer).
max_without_cut3(integer, integer, integer, integer).
```

### clauses

```
% Max of two numbers with using cut
max_with_cut2(A, B, Max) :- A > B, Max = A, !.
max_with_cut2(_, B, Max) :- Max = B.

% Max of two numbers without using cut
max_without_cut2(A, B, Max) :- A > B, Max = A.
max_without_cut2(A, B, Max) :- A <= B, Max = B.

% Max of three numbers with using cut
max_with_cut3(A, B, C, Max) :- A > B, A > C, Max = A, !.
max_with_cut3(_, B, C, Max) :- B > C, Max = B, !.
max_with_cut3(_, _, C, Max) :- Max = C.

% Max of three numbers without using cut
max_without_cut3(A, B, C, Max) :- A >= B, A >= C, Max = A.
max_without_cut3(A, B, C, Max) :- B > A, B >= C, Max = B.
max_without_cut3(A, B, C, Max) :- C > A, C > B, Max = C.
```

### goal

```
write("Max with cut of (3, 2): "),
max_with_cut2(3, 2, Max);

write("Max without cut of (2, 4): "),
max_without_cut2(2, 4, Max);

write("\nMax with cut of (1, 2, 3): "),
max_with_cut3(1, 2, 3, Max);

write("Max without cut of (5, 6, 2): "),
max_without_cut3(5, 6, 2, Max).
```

## Примеры работы программы

1. Поиск максимума из двух чисел без использования отсечения.

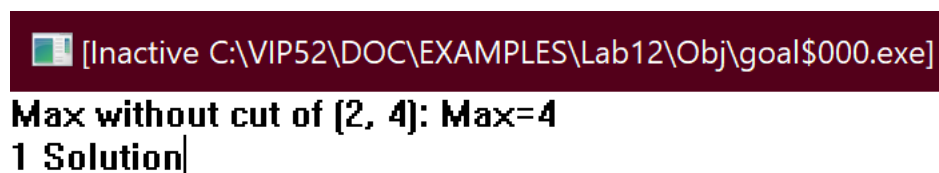


Рисунок 1. Поиск максимума из двух чисел без использования отсечения.

2. Поиск максимума из двух чисел с использованием отсечения.

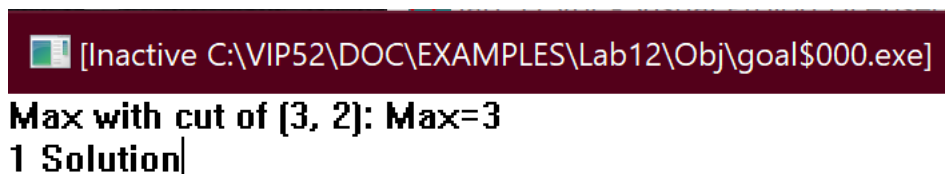


Рисунок 2. Поиск максимума из двух чисел с использованием отсечения.

3. Поиск максимума из трех чисел без использования отсечения.

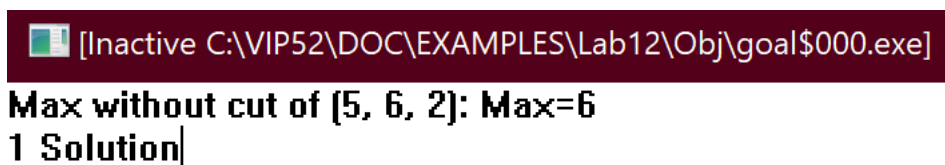


Рисунок 3. Поиск максимума из трех чисел без использования отсечения.

4. Поиск максимума из трех чисел с использованием отсечения.

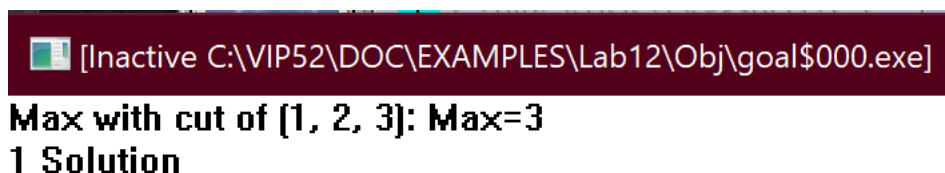


Рисунок 4. Поиск максимума из трех чисел с использованием отсечения.

## Задание с таблицей

$\text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max})$  – максимум 3 чисел с использованием отсечений.

№ шага	Состояние резольвенты, и вывод: дальнейшие действия (почему?)	Для каких термов запускается алгоритм унификации: $T1=T2$ и каков результат (и подстановка)	Дальнейшие действия: прямой ход или откат (почему и к чему приводит?)
1	$\text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_with\_cut2}(A, B, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.

2	$\text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_with\_cut2}(\_, B, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.
3	$\text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_without\_cut2}(A, B, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.
4	$\text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_without\_cut2}(A, B, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.
5	$\text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_with\_cut3}(A, B, C, \text{Max}).$ Успех, подстановка $\{A = 1, B = 2, C = 3, \text{Max} = \text{Max}\}$	Прямой ход к следующему предложению.
6	$A > B, A > C, \text{Max} = A, !.$	Проверка $1 > 2$ , неудача.	Прямой ход к следующему предложению.
7	$\text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_with\_cut3}(\_, B, C, \text{Max}).$ Успех, подстановка $\{B = 2, C = 3, \text{Max} = \text{Max}\}$	Прямой ход к следующему предложению.
8	$B > C, \text{Max} = B, !.$	Проверка $2 > 3$ , неудача.	Прямой ход к следующему предложению.
9	$\text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_with\_cut3}(1, 2, 3, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_with\_cut3}(\_, \_, C, \text{Max}).$ Успех, подстановка $\{C = 3, \text{Max} = \text{Max}\}$	Прямой ход к следующему предложению.
10	$\text{Max} = C.$	$\text{Max} = 3.$	Прямой ход.
11		<b>Результат:</b> $\text{Max} = 3.$	Обратный ход.

$\text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max})$  – максимум 3 чисел без использования отсечений.

№ шага	Состояние резольвенты, и вывод: дальнейшие действия (почему?)	Для каких термов запускается алгоритм унификации: $T1=T2$ и каков <b>результат</b> (и подстановка)	Дальнейшие действия: прямой ход или откат (почему и к чему приводит?)
1	$\text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_with\_cut2}(A, B, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.

2	$\text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_with\_cut2}(\_, B, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.
3	$\text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_without\_cut2}(A, B, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.
4	$\text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_without\_cut2}(A, B, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.
5	$\text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_with\_cut3}(A, B, C, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.
6	$\text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_with\_cut3}(\_, B, C, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.
7	$\text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_with\_cut3}(\_, \_, C, \text{Max}).$ Неудача, разные функторы.	Прямой ход к следующему предложению.
8	$\text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_without\_cut3}(A, B, C, \text{Max}).$ Успех, подстановка $\{A = 5, B = 6, C = 2, \text{Max} = \text{Max}\}$	Прямой ход к следующему предложению.
6	$A \geq B, A \geq C, \text{Max} = A.$	Проверка $5 > 6$ , неудача.	Прямой ход к следующему предложению.
7	$\text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max})$	$T1 = \text{max\_without\_cut3}(5, 6, 2, \text{Max}).$ $T2 = \text{max\_without\_cut3}(A, B, C, \text{Max}).$ Успех, подстановка $\{A = 5, B = 6, C = 3, \text{Max} = \text{Max}\}$	Прямой ход к следующему предложению.
8	$B > A, B \geq C, \text{Max} = B$	Проверка $6 > 5$ , неудача.	Прямой ход.
9	$B \geq C, \text{Max} = B$	Проверка $6 \geq 3$ , неудача.	Прямой ход к следующему предложению.
10	$\text{Max} = B.$	$\text{Max} = 6.$	Прямой ход.
11		<b>Результат:</b> $\text{Max} = 6.$	Обратный ход.

## Ответы на вопросы

### 1) Какое первое состояние резольвенты?

Если задан простой вопрос, то сначала он попадает в резольвенту.

### 2) В каком случае система запускает алгоритм унификации? (Как эту необходимость на формальном уровне распознает система?)

Если есть что доказывать (цель), то процесс унификации запускается автоматически.

Формально: если резольвента не пуста – запускается алгоритм унификации.

### 3) Каково назначение использования алгоритма унификации?

Назначение алгоритма унификации заключается в попарном сопоставлении термов и попытке построить для них общий пример.

### 4) Каков результат использования алгоритма унификации?

Унификация может завершаться успехом или тупиковой ситуацией (неудачей).

### 5) В каких пределах программы уникальны переменные?

Переменные уникальны в пределах предложения, т.е. в рамках предложения одно и то же имя принадлежит одной и той же переменной. Исключение – анонимные переменные (обозначаются символом нижнего подчеркивания «\_») – каждая такая переменная является отдельной сущностью и применяется, когда ее значение неважно для данного предложения.

### 6) Как применяется подстановка, полученная с помощью алгоритма унификации?

Применение подстановки  $\{X_1=T_1, \dots, X_n=T_n\}$  заключается в замене каждого вхождения переменной  $X_i$  на соответствующий терм  $T_i$ .

### 7) Как меняется резольвента?

Изменение резольвенты происходит в 2 этапа:

- 1) из стека выбирается подцель (верхняя, т.к. стек) и для нее выполняется редукция, т.е. замена подцели на тело найденного правила;
- 2) к полученной конъюнкции целей применяется подстановка (наибольший общий унификатор выбранной цели и заголовка сопоставленного с этой целью правила).

### 8) В каких случаях запускается механизм отката?

Механизм отката запускается в 2 случаях:

1. Если алгоритм попал в тупиковую ситуацию.
2. Если резольвента не пуста и решение найдено, но в базе знания остались не отмеченные предложения.