



**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

О т ч е т

по лабораторной работе № 17

Дисциплина: «Функциональное и логическое программирование»

Выполнила: Овчинникова А. П.

Группа: ИУ7-65Б

Преподаватель: Толпинская Н. Б.

Строганов Ю. В.

Москва, 2020

Задание

Ответить на вопросы.

В одной программе написать правила, позволяющие найти:

1. Максимум из двух чисел:
 - а) без использования отсечения,
 - в) с использованием отсечения;
2. Максимум из трех чисел:
 - а) без использования отсечения,
 - 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!

Теоретическая часть

1. Какое первое состояние резольвенты?

Первое состояние резольвенты – заданный вопрос.

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

Процесс унификации запускается автоматически, если есть что доказывать, то надо запускать алгоритм унификации. Пользователь имеет право запустить этот процесс вручную, с помощью утверждения $T1 = T2$, включенного в текст программы. Если резольвента не пуста – запускается алгоритм унификации (для хранения резольвенты используется стек, соответственно, если стек не пуст – запускается алгоритм унификации).

3. Каково назначение использования алгоритма унификации?

Назначение унификации – подобрать нужное в данный момент правило. Система подбирает сопоставимые с целью правила с помощью алгоритма унификации.

4. Каков результат работы алгоритма унификации?

В результате унификации формируются подстановки.

5. В каких пределах программы переменные уникальны?

Именованные переменные уникальны в рамках предложения, а анонимная переменная – любая уникальна.

6. Как применяется подстановка, полученная с помощью алгоритма унификации?

В случае успешного согласования программы (базы знаний) и вопроса, в качестве побочного эффекта формируется подстановка, которая содержит значения переменных, при которых вопрос является примером программы. Соответствующие переменные конкретизируются полученными значениями.

7. Как изменяется резольвента?

Преобразования резольвенты выполняются с помощью редукции. Новая резольвента образуется в два этапа:

- В текущей резольвенте выбирается одна из подцелей (по стековому принципу – верхняя) и для нее выполняется редукция – замена подцели на тело найденного правила (если удалось найти правило).
- Затем к полученной конъюнкции целей применяется подстановка, полученная как наибольший общий унификатор выбранной цели и заголовка сопоставленного с ней правила.

Если для редукции цели из резольвенты был выбран факт из БЗ, то новая резольвента будет содержать в конъюнкции на одну цель меньше. Если задан простой вопрос и подобран для редукции факт, то произойдет немедленное его согласование. А если для простого вопроса подобрано правило, то число целей

в резольвенте не уменьшится, т. к. цель будет заменена телом подобранного правила.

8. В каких случаях запускается механизм отката?

В ситуации, когда решение не найдено, и из данного состояния невозможен переход в новое состояние, автоматически включается бэктрекинг. Происходит возврат к моменту, где еще можно сделать другой альтернативный выбор, то есть к предыдущему состоянию резольвенты. Бэктрекинг возможен только при наличии альтернативных путей унификации цели.

Код программы

predicates

```
max(integer, integer, integer). % first, second, max
max_cut(integer, integer, integer). % first, second, max
max3(integer, integer, integer, integer). % first, second, third, max
max3_cut(integer, integer, integer, integer). % first, second, third, max
%max(real, real, real).
```

clauses

```
max(X, Y, X) :- X > Y. % if first more than second, first is max
max(X, Y, Y) :- X <= Y. % if first less than second or equals second, max is second

max_cut(X, Y, X) :- X > Y,!. % if first more than second, first is max
max_cut(X, Y, Y) :- X <= Y. % green cut
                        % if first less than second or equals second, max is second
%max_cut(_, Y, Y). % red cut
```

```
max3(X, Y, Z, Z) :- Z >= X, Z >= Y.
```

```
max3(X, Y, Z, Y) :- Y >= X, Y > Z.
```

```
max3(X, Y, Z, X) :- X > Y, X > Z.
```

```
max3_cut(X, Y, Z, X) :- X > Y, X > Z, !. % first more than second and third
```

```
max3_cut(_, Y, Z, Y) :- Y >= Z, !. % else if second more than third or equal
```

```
max3_cut(_, _, Z, Z). % else
```

```
goal
```

```
max3_cut(1, 2, 3, M).
```

```
%max3_cut(1, 3, 2, M).
```

```
%max3_cut(2, 1, 3, M).
```

```
%max3_cut(2, 3, 1, M).
```

```
%max3_cut(3, 1, 2, M).
```

```
%max3_cut(3, 2, 1, M).
```

```
%max3_cut(2, 3, 3, M).
```

```
%max3_cut(3, 2, 3, M).
```

```
%max3_cut(3, 3, 2, M).
```

```
%max3_cut(2, 1, 1, M).
```

```
%max3_cut(1, 2, 1, M).
```

```
%max3_cut(1, 1, 2, M).
```

```
%max3_cut(1, 1, 1, M).
```

```
%max3(1, 2, 3, M).
```

```
%max3(1, 3, 2, M).
```

`%max3(2, 1, 3, M).`

`%max3(2, 3, 1, M).`

`%max3(3, 1, 2, M).`

`%max3(3, 2, 1, M).`

`%max3(2, 3, 3, M).`

`%max3(3, 2, 3, M).`

`%max3(3, 3, 2, M).`

`%max3(2, 1, 1, M).`

`%max3(1, 2, 1, M).`

`%max3(1, 1, 2, M).`

`%max3(1, 1, 1, M).`

`%max_cut(2, 1, M).`

`%max_cut(2, 2, M).`

`%max_cut(1, 2, M).`

`%max(1, 2, M).`

`%max(2, 1, M).`

`%max(2, 2, M).`

Пояснения к коду

При нахождении максимума из трех чисел без использования отсечения первое правило `max3(X, Y, Z, Z) :- Z >= X, Z >= Y.` соответствует случаю, когда третье число Z является максимумом, то есть оно больше или равно первому числу (X) и больше или равно второму числу (Y). Второе правило `max3(X, Y, Z, Y) :- Y >= X, Y > Z.` соответствует случаю, когда второе число (Y) является максимумом, то есть оно больше или равно первому числу (X) и больше

третьего числа (Z) (случай, когда $Y = Z$ был учтен в первом правиле). Третье правило $\text{max3}(X, Y, Z, X) :- X > Y, X > Z.$ соответствует случаю, когда первое число (X) является максимумом, то есть оно больше второго числа (Y) и больше третьего числа (Z). Случай, когда $X = Y$ был рассмотрен во втором правиле, а случай $X = Z$ – в первом.

При нахождении максимума из трех чисел с использованием отсеечения число сравнений сокращается за счет того, что на второе правило мы попадем только в том случае, если первое число не больше второго и третьего. В этой ситуации максимум следует искать среди второго и третьего чисел. Если ни первое, ни второе число не оказались больше третьего, значит, в качестве максимума можно взять как раз третье число, уже ничего не проверяя.

Во втором правиле ($\text{max3_cut}(_, Y, Z, Y) :- Y \geq Z, !.$) не важно, чему равно первое число, а в третьем предложении ($\text{max3_cut}(_, _, Z, Z).$) участвует только третье число. Не участвующие параметры заменены анонимными переменными.

Примеры работы программы

1. Максимум из двух чисел без отсеечения.

Вопрос	Ответ
$\text{max}(1, 2, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>
$\text{max}(2, 1, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>
$\text{max}(2, 2, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>

2. Максимум из двух чисел с отсечением.

Вопрос	Ответ
$\text{max_cut}(2, 1, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>
$\text{max_cut}(2, 2, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>
$\text{max_cut}(1, 2, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>

3. Максимум из трех чисел без отсеечения.

Вопрос	Ответ
$\max3(1, 1, 1, M).$	$M=1$ <i>1 Solution</i>
$\max3(1, 1, 2, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>
$\max3(1, 2, 1, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>
$\max3(2, 1, 1, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>
$\max3(3, 3, 2, M).$	$M=3$ <i>1 Solution</i>
$\max3(3, 2, 3, M).$	$M=3$ <i>1 Solution</i>
$\max3(2, 3, 3, M).$	$M=3$ <i>1 Solution</i>
$\max3(3, 2, 1, M).$	$M=3$ <i>1 Solution</i>
$\max3(3, 1, 2, M).$	$M=3$ <i>1 Solution</i>
$\max3(2, 3, 1, M).$	$M=3$ <i>1 Solution</i>
$\max3(2, 1, 3, M).$	$M=3$ <i>1 Solution</i>
$\max3(1, 3, 2, M).$	$M=3$ <i>1 Solution</i>
$\max3(1, 2, 3, M).$	$M=3$ <i>1 Solution</i>

4. Максимум из трех чисел с отсечением.

Вопрос	Ответ
$\max3_cut(1, 1, 1, M).$	$M=1$ <i>1 Solution</i>
$\max3_cut(1, 1, 2, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>
$\max3_cut(1, 2, 1, M).$	$M=2$ <i>1 Solution</i>
$\max3_cut(2, 1, 1, M).$	$M=2$

	<i>1 Solution</i>
<i>max3_cut(3, 3, 2, M).</i>	<i>M=3 1 Solution</i>
<i>max3_cut(3, 2, 3, M).</i>	<i>M=3 1 Solution</i>
<i>max3_cut(2, 3, 3, M).</i>	<i>M=3 1 Solution</i>
<i>max3_cut(3, 2, 1, M).</i>	<i>M=3 1 Solution</i>
<i>max3_cut(3, 1, 2, M).</i>	<i>M=3 1 Solution</i>
<i>max3_cut(2, 3, 1, M).</i>	<i>M=3 1 Solution</i>
<i>max3_cut(2, 1, 3, M).</i>	<i>M=3 1 Solution</i>
<i>max3_cut(1, 3, 2, M).</i>	<i>M=3 1 Solution</i>
<i>max3_cut(1, 2, 3, M).</i>	<i>M=3 1 Solution</i>

Порядок работы системы для вопроса *max3(1, 2, 3, M).* приведен в таблице 1. Порядок работы системы для вопроса *max3_cut(3, 2, 1, M).* приведен в таблице 2.

Таблица 1. Порядок работы системы.

№ 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
1	Резольвента: <i>max3(1, 2, 3, M).</i>	Попытка унификации: T1= <i>max3(1, 2, 3, M).</i> T2= <i>max(X, Y, X) :- X > Y.</i> Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
2	Резольвента: <i>max3(1, 2, 3, M).</i>	Попытка унификации: T1= <i>max3(1, 2, 3, M).</i> T2= <i>max(X, Y, Y) :- X <= Y.</i> Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению

3	Резольвента: $\max3(1, 2, 3, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \max3(1, 2, 3, M)$. $T2 = \max_cut(X, Y, X) :- X > Y, !$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
4	Резольвента: $\max3(1, 2, 3, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \max3(1, 2, 3, M)$. $T2 = \max_cut(X, Y, Y) :- X \leq Y$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
5	Резольвента: $\max3(1, 2, 3, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \max3(1, 2, 3, M)$. $T2 = \max3(X, Y, Z, Z) :- Z \geq X, Z \geq Y$. Результат: успех. Подстановка: {X=1, Y=2, Z=3, M=Z=3}	Прямой ход. Содержимое резольвенты заменяется телом найденного правила. К резольвенте применяется подстановка.
6	Резольвента: $3 \geq 1$, $3 \geq 2$.	Попытка унификации: $3 \geq 1$ Результат: успех.	Прямой ход. К резольвенте применяется подстановка. Резольвента преобразуется с помощью редукции.
7	Резольвента: $3 \geq 2$.	Попытка унификации: $3 \geq 2$. Результат: успех.	Прямой ход. К резольвенте применяется подстановка. Резольвента преобразуется с помощью редукции.
8	Резольвента пуста.	Все переменные связаны.	Вывод результата. Поиск альтернативного решения. Откат к предыдущему состоянию резольвенты.
9	Резольвента: $\max3(1, 2, 3, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \max3(1, 2, 3, M)$. $T2 = \max3(X, Y, Z, Y) :- Y \geq X, Y > Z$. Результат: успех. Подстановка: {X=1, Y=2, Z=3, M=Y=2}	Прямой ход. Содержимое резольвенты заменяется телом найденного правила. К резольвенте применяется подстановка.

10	Резольвента: $2 \geq 1$, $2 > 3$.	Попытка унификации: $2 \geq 1$ Результат: неудача.	Откат к предыдущему состоянию резольвенты. Переход к следующему предложению.
11	Резольвента: $\max3(1, 2, 3, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \max3(1, 2, 3, M)$. $T2 = \max3(X, Y, Z, X) :- X > Y, X > Z$. Результат: успех. Подстановка: $\{X=1,$ $Y=2,$ $Z=3,$ $M=X=1\}$	Прямой ход. Содержимое резольвенты заменяется телом найденного правила. К резольвенте применяется подстановка.
12	Резольвента: $1 > 2$, $1 > 3$.	Попытка унификации: $1 > 2$ Результат: неудача.	Откат к предыдущему состоянию резольвенты. Переход к следующему предложению.
13	Резольвента: $\max3(1, 2, 3, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \max3(1, 2, 3, M)$. $T2 = \max3_cut(X, Y, Z, X) :- X > Y, X > Z, !$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
14	Резольвента: $\max3(1, 2, 3, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \max3(1, 2, 3, M)$. $T2 = \max3_cut(_, Y, Z, Y) :- Y \geq Z, !$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
15	Резольвента: $\max3(1, 2, 3, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \max3(1, 2, 3, M)$. $T2 = \max3_cut(_, _, Z, Z)$. Результат: неудача. Разные функторы.	Предложений больше нет. Откат к предыдущему состоянию резольвенты. Переход к следующему предложению.
16	Резольвента пуста.	Все переменные связаны.	Завершение программы.

Таблица 2. Порядок работы системы.

№ шага	Состояние резольвенты, и вывод: дальнейшие действия	Для каких термов запускается алгоритм унификации: $T1=T2$	Дальнейшие действия:
--------	---	---	----------------------

	(почему?)	и каков результат (и подстановка)	прямой ход или откат
1	Резольвента: $\text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$. $T2 = \text{max}(X, Y, X) :- X > Y$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
2	Резольвента: $\text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$. $T2 = \text{max}(X, Y, Y) :- X \leq Y$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
3	Резольвента: $\text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$. $T2 = \text{max_cut}(X, Y, X) :- X > Y, !$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
4	Резольвента: $\text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$. $T2 = \text{max_cut}(X, Y, Y) :- X \leq Y$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
5	Резольвента: $\text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$. $T2 = \text{max3}(X, Y, Z, Z) :- Z \geq X, Z \geq Y$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
6	Резольвента: $\text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$. $T2 = \text{max3}(X, Y, Z, Y) :- Y \geq X, Y > Z$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
7	Резольвента: $\text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$. $T2 = \text{max3}(X, Y, Z, X) :- X > Y, X > Z$. Результат: неудача. Разные функторы.	Откат, переход к следующему предложению
8	Резольвента: $\text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$.	Попытка унификации: $T1 = \text{max3_cut}(3, 2, 1, M)$. $T2 = \text{max3_cut}(X, Y, Z, X) :- X > Y, X > Z, !$. Результат: успех. Подстановка: $\{X=3, Y=2,$	Прямой ход. Содержимое резольвенты заменяется телом найденного правила. К резольвенте

		$Z=1,$ $X=M=1\}$	применяется подстановка.
9	Резольвента: $3 > 2,$ $3 > 1,$!.	Попытка унификации: $3 > 2$ Результат: успех.	Прямой ход. К резольвенте применяется подстановка. Резольвента преобразуется с помощью редукции.
10	Резольвента: $3 > 1,$!.	Попытка унификации: $3 > 1$ Результат: успех.	Прямой ход. К резольвенте применяется подстановка. Резольвента преобразуется с помощью редукции.
11	Резольвента: !.	Попытка унификации: !. Результат: успех.	Прямой ход. Попытка отката завершает использование процедуры. Предложений больше нет.
12	Резольвента пуста.	Все переменные связаны.	Вывод результата на экран. Завершение программы.

Вывод

Таким образом, эффективность работы системы может быть достигнута за счет сокращения количества операций. Это можно сделать с помощью предиката отсечения («!»). Предикат отсечения предназначен для ограничения пространства поиска с целью повышения эффективности работы программ.

Предикат отсечения всегда завершается успешно. После того, как до него дошла очередь, он устанавливает «забор», который не дает «откатиться назад», чтобы выбрать альтернативные решения для уже «сработавших» подцелей. То есть для тех, которые расположены левее отсечения. На цели, расположенные правее, отсечение не влияет. Кроме того, отсечение отбрасывает все предложения процедуры, расположенные после предложения, в котором находится отсечение.

