



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»

## Отчет по лабораторной работе №9 по дисциплине «Функциональное и логическое программирование»

Тема Использование правил в программе на Prolog.

Студент Золотухин А. В.

Группа ИУ7-64Б

Оценка (баллы) \_\_\_\_\_

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

Москва — 2023 г.

# Задание 1

Создать базу знаний: «ПРЕДКИ», позволяющую наиболее эффективным способом (за меньшее количество шагов, что обеспечивается меньшим количеством предложений БЗ - правил), и используя разные варианты (примеры) одного вопроса, определить (указать: какой вопрос для какого варианта):

1. по имени субъекта определить всех его бабушек (предки 2-го колена),
2. по имени субъекта определить всех его дедушек (предки 2-го колена),
3. по имени субъекта определить всех его бабушек и дедушек (предки 2-го колена),
4. по имени субъекта определить его бабушку по материнской линии (предки 2-го колена),
5. по имени субъекта определить его бабушку и дедушку по материнской линии (предки 2-го колена).

Минимизировать количество правил и количество вариантов вопросов. Использовать конъюнктивные правила и простой вопрос.

# Решение

```
1  name = string.
2  sex = string.
3
4  PREDICATES
5  parent(name, name, sex).
6  grandParent(name, name, sex, sex).
7
8  CLAUSES
9  parent(bestla, bolthorn, m).
10 parent(odin, borrr, m).
11 parent(odin, bestla, f).
12 parent(frigg, fjorginn, m).
13 parent(frigg, fjorgyn, f).
14 parent(thor, odin, m).
15 parent(thor, jord, f).
16 parent(heimdall, odin, m).
17 parent(heimdall, nine, f).
18 parent(tyr, odin, m).
19 parent(baldr, odin, m).
20 parent(baldr, frigg, f).
21 parent(hed, odin, m).
22 parent(hed, frigg, f).
23 parent(loki, farabuti, m).
24 parent(loki, laufeya, f).
25 parent(fenrir, loki, m).
26 parent(hel, loki, m).
27 parent(jormungandr, loki, m).
28
29 grandParent(CName, GPName, PSex, GPSEX) :-
30     parent(CName, PName, PSex), parent(PName, GPName, GPSEX).
31
32 GOAL
33 grandParent(baldr, GrandParent, _, f).
34 %grandParent(baldr, GrandParent, _, m).
35 %grandParent(baldr, GrandParent, _, _).
36 %grandParent(baldr, GrandParent, f, f).
37 %grandParent(baldr, GrandParent, f, _).
```

Порядок формирования результата для 1-го вопроса:

grandParent(baldr, GrandParent, \_, f).

№ 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 (к чему приводит?)
0	grandParent(baldr, GrandParent, _, f)  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ		Прямой ход. Запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ
1	grandParent(baldr, GrandParent, _, f) Резольвента не меняется (неуспешная унификация с заголовком)	grandParent(baldr, GrandParent, _, f)=parent(bestla, bolthorn, m) Сравнение главных функторов: grandParent=parent Унификация неуспешна (несовпадение главных функторов)	Прямой ход, переход к следующему предложению БЗ
2-19	...	...	...
20	grandParent(baldr, GrandParent, _, f)  Верхняя подцель успешно унифицировалась с заголовком правила. Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: замена grandParent(baldr, GrandParent, _, f) телом найденного правила: parent(CName, PName, PSex), parent(PName, GPName, GPSex).  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: parent(baldr, PName, _), parent(PName, GrandParent, f).  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ	grandParent(baldr, GrandParent, _, f)=grandParent(CName, GPName, PSex, GPSex)  Сравнение главных функторов: grandParent= grandparent  Сравнение аргументов: baldr=CName; GrandParent=GPName; _=PSex; f=GPSex);  Унификация успешна  Подстановка: {CName=baldr, GrandParent=GPName, PSex=_, GPSex=f}	Прямой ход. Запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ
21	parent(baldr, PName, _), parent(PName, GrandParent, f).	parent(baldr, PName, _)=parent(bestla, bolthorn, m) Сравнение главных функторов: parent=parent  Сравнение аргументов: baldr = bestla; PName=bolthorn; _=m  Унификация неуспешна	Прямой ход, переход к следующему предложению БЗ
22-30	...	...	...
30	parent(baldr, PName, _), parent(PName, GrandParent, f).  Верхняя подцель успешно унифицировалась с заголовком правила. Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: удаление parent(baldr, PName, _), так как найденное правило - факт  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: parent(odin, GrandParent, f)  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ	parent(baldr, PName, _)=parent(baldr, odin, m).  Сравнение главных функторов: parent=parent  Сравнение аргументов: baldr=baldr; PName=odin; _=m)  Унификация успешна  Подстановка: { PName=odin }	Прямой ход. Запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ
31	parent(odin, GrandParent, f)	parent(odin, GrandParent, f)=parent(bestla, bolthorn, m).  Сравнение главных функторов: parent=parent  Сравнение аргументов: odin=bestla; GrandParent=bolthorn; f=m)  Унификация неуспешна	Прямой ход, переход к следующему предложению БЗ
32	...	...	...

33	<p>parent(odin, GrandParent, f)</p> <p>Верхняя подцель успешно унифицировалась с заголовком правила. Образование новой резольвенты:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Редукция верхней подцели: удаление parent(odin, GrandParent, f), так как найденное правило - факт</li> <li>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты:</li> </ol> <p><b>Пуста</b></p> <p>Отмена последней редукции, восстановление предыдущего состояния резольвенты: parent(odin, GrandParent, f)</p>	<p>parent(odin, GrandParent, f)= parent(odin,bestla,f).</p> <p>Сравнение главных функторов: parent=parent</p> <p>Сравнение аргументов: odin=odin;GrandParent=bestla;f=f)</p> <p>Унификация успешна</p> <p>Подстановка: {GrandParent=bestla}</p>	<p>Резольвента пуста, поэтому формируется подстановка {GrandParent=bestla} в качестве побочного эффекта.</p> <p>Система должна получить все возможные ответы, конец БЗ еще не достигнут.</p> <p>Откат, который приводит к новому состоянию резольвенты и реконкретизации переменных, которые были конкретизированы на предыдущем шаге ({GrandParent=bestla})</p> <p>переход к следующему предложению относительно шага</p>
34-51	...	...	...
52	<p>parent(odin, GrandParent, f)</p> <p>Отмена последней редукции (на шаге 30), восстановление предыдущего состояния резольвенты</p> <p>parent(baldr, PName, _), parent(PName, GrandParent, f).</p>		<p>Конец БЗ. Из данного состояния невозможен переход в новое состояние.</p> <p>Откат, который приводит к новому состоянию резольвенты и реконкретизации переменных, которые были конкретизированы на предыдущем шаге (30) ({PName=odin })</p> <p>переход к следующему предложению относительно шага 30</p>
53	<p>parent(baldr, PName, _), parent(PName, GrandParent, f).</p> <p>Верхняя подцель успешно унифицировалась с заголовком правила. Образование новой резольвенты:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Редукция верхней подцели: удаление parent(child_a, Parent_, _), так как найденное правило - факт</li> <li>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: parent(frigg, GrandParent, f)</li> </ol> <p>Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ</p>	<p>parent(baldr, PName, _)= parent(baldr, frigg, f).</p> <p>Сравнение главных функторов: parent=parent</p> <p>Сравнение аргументов: baldr=baldr;PName=frigg;_=f)</p> <p>Унификация успешна</p> <p>Подстановка: { PName=frigg }</p>	<p>Прямой ход. Запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ</p>
...	...	...	...

# Задание 2

В одной программе написать правила, позволяющие найти:

1. Максимум из двух чисел
  - (a) без использования отсечения;
  - (b) с использованием отсечения.
2. Максимум из трех чисел
  - (a) без использования отсечения;
  - (b) с использованием отсечения.

# Решение

```
1 domains
2 num = integer
3
4 predicates
5 max2(num, num, num)
6 max3(num, num, num, num)
7
8 max2Cut(num, num, num)
9 max3Cut(num, num, num, num)
10
11 clauses
12 max2(N1, N2, N2) :- N2 >= N1.
13 max2(N1, N2, N1) :- N1 >= N2.
14
15 max3(N1, N2, N3, N3) :- N3 >= N1, N3 >= N2.
16 max3(N1, N2, N3, N2) :- N2 >= N1, N2 >= N3.
17 max3(N1, N2, N3, N1) :- N1 >= N2, N1 >= N3.
18
19 max2Cut(N1, N2, N2) :- N2 >= N1, !.
20 max2Cut(N1, _, N1).
21
22 max3Cut(N1, N2, N3, N3) :- N3 >= N1, N3 >= N2, !.
23 max3Cut(N1, N2, _, N2) :- N2 >= N1, !.
24 max3Cut(N1, _, _, N1).
25
26 goal
27 %max2(1, 2, Max).
28 max3(1, 3, 2, Max).
29 %max2Cut(1, 4, Max).
30 %max3Cut(6, 4, 5, Max).
```

Порядок формирования результата для 2(a), 2(b):

Вопрос:  $\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$ .

№ 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 (к чему приводит?)
0	$\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ		Прямой ход. Запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ
1	$\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$ Резольвента не меняется (неуспешная унификация с заголовком)	$\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max}) = \text{max2}(N1, N2, N2)$ Сравнение главных функторов: $\text{max3} = \text{max2}$ Унификация неуспешна (несовпадение главных функторов)	Прямой ход, переход к следующему предложению БЗ
2-4	...	...	...
5	$\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$  Верхняя подцель успешно унифицировалась с заголовком правила. Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: замена $\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$ телом найденного правила: $N3 \geq N1$ , $N3 \geq N2$ .  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $2 \geq 1$ , $2 \geq 3$  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели	$\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max}) = \text{max3}(N1, N2, N3, N3)$  Сравнение главных функторов: $\text{max3} = \text{max3}$  Сравнение аргументов: $1=N1, 3=N2, 2=N3, \text{Max}=N3$  Унификация успешна  Подстановка: $\{N1=1, N2=3, N3=2\}$	Прямой ход. Новое состояние резольвенты
6	$2 \geq 1$ , $2 \geq 3$  Верхняя подцель истинна. Образование новой резольвенты: удаление $2 \geq 1$ ,  Новое состояние резольвенты: $2 \geq 3$  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели	$2 \geq 1$  Истина	Прямой ход. Новое состояние резольвенты
7	$2 \geq 3$  Верхняя подцель ложна.  Отмена последней редукции (дважды), восстановление предыдущего состояния резольвенты: $\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$	$2 \geq 3$  Ложь	Откат, который приводит к новому состоянию резольвенты и реконкретизации переменных, которые были конкретизированы на предыдущем шаге (5) ( $\{N1=1, N2=3, N3=2\}$ )  переход к следующему предложению относительно шага 5
8	$\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$  Верхняя подцель успешно унифицировалась с заголовком правила. Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: замена $\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$ телом найденного правила: $N2 \geq N1$ , $N2 \geq N3$ .  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $3 \geq 1$ , $3 \geq 2$  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели	$\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max}) = \text{max3}(N1, N2, N3, N2)$  Сравнение главных функторов: $\text{max3} = \text{max3}$  Сравнение аргументов: $1=N1, 3=N2, 2=N3, \text{Max}=N2$  Унификация успешна  Подстановка: $\{N1=1, N2=3, N3=2\}$	Прямой ход. Новое состояние резольвенты
9	$3 \geq 1$ , $3 \geq 2$  Верхняя подцель истинна. Образование новой резольвенты: удаление $3 \geq 1$ ,  Новое состояние резольвенты: $3 \geq 2$	$3 \geq 1$  Истина	Прямой ход. Новое состояние резольвенты



	Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели		
10	$3 \geq 2$  Верхняя подцель истинна. Образование новой резольвенты: удаление $3 \geq 2$ ,  Новое состояние резольвенты: <b>Пуста</b>  Отмена последней редукции (дважды), восстановление предыдущего состояния резольвенты:  $\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$	$3 \geq 2$ Истина	Резольвента пуста, поэтому формируется подстановка $\{\text{Max}=\text{N2}=3\}$ в качестве побочного эффекта.  Система должна получить все возможные ответы, конец БЗ еще не достигнут.  Откат, который приводит к новому состоянию резольвенты и реконкретизации переменных, которые были конкретизированы на предыдущем шаге (8) ( $\{\text{N1}=1, \text{N2}=3, \text{N3}=2\}$ )  переход к следующему предложению относительно шага 8
11	$\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$  Верхняя подцель успешно унифицировалась с заголовком правила. Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: замена $\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max})$ телом найденного правила: $\text{N1} \geq \text{N2}$ , $\text{N1} \geq \text{N3}$ .  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $1 \geq 3$ , $1 \geq 2$  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели	$\text{max3}(1, 3, 2, \text{Max}) = \text{max3}(\text{N1}, \text{N2}, \text{N3}, \text{N1})$  Сравнение главных функций: $\text{max3} = \text{max3}$  Сравнение аргументов: $1 = \text{N1}, 3 = \text{N2}, 2 = \text{N3}, \text{Max} = \text{N1}$  Унификация успешна  Подстановка: $\{\text{N1}=1, \text{N2}=3, \text{N3}=2\}$	Прямой ход. Новое состояние резольвенты
...	...	...	...

Вопрос:  $\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max})$ .

№ шага	Состояние резольвенты, и вывод: дальнейшие действия (почему?)	Для каких термов запускается алгоритм унификации: $\text{T1}=\text{T2}$ и каков результат (и подстановка)	Дальнейшие действия: прямой ход или откат (к чему приводит?)
0	$\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max})$  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ		Прямой ход. Запуск алгоритма унификации для верхней подцели, с начала БЗ
1	$\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max})$ Резольвента не меняется (неуспешная унификация с заголовком)	$\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max}) = \text{max2}(\text{N1}, \text{N2}, \text{N2})$ Сравнение главных функций: $\text{max3Cut} = \text{max2}$ Унификация неуспешна (несовпадение главных функторов)	Прямой ход, переход к следующему предложению БЗ
2-7	...	...	...
8	$\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max})$  Верхняя подцель успешно унифицировалась с заголовком правила. Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: замена $\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max})$ телом найденного правила: $\text{N3} \geq \text{N1}$ , $\text{N3} \geq \text{N2}$ , !  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $2 \geq 1$ , $2 \geq 3$ , ! 	$\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max}) = \text{max3Cut}(\text{N1}, \text{N2}, \text{N3}, \text{N3})$  Сравнение главных функций: $\text{max3Cut} = \text{max3Cut}$  Сравнение аргументов: $1 = \text{N1}, 3 = \text{N2}, 2 = \text{N3}, \text{Max} = \text{N3}$  Унификация успешна  Подстановка: $\{\text{N1}=1, \text{N2}=3, \text{N3}=2\}$	Прямой ход. Новое состояние резольвенты

	Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели		
9	$2 \geq 1,$ $2 \geq 3,$ $!$  Верхняя подцель истинна. Образование новой резольвенты: удаление $2 \geq 1,$  Новое состояние резольвенты: $2 \geq 3,$ $!$  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели	$2 \geq 1$  Истина	Прямой ход. Новое состояние резольвенты
10	$2 \geq 3,$ $!$  Верхняя подцель ложна.  Отмена последней редукции (дважды), восстановление предыдущего состояния резольвенты: $\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max})$	$2 \geq 3$  Ложь	Откат, который приводит к новому состоянию резольвенты и реконкретизации переменных, которые были конкретизированы на предыдущем шаге (8) ( $\{N1=1, N2=3, N3=2\}$ )  переход к следующему предложению относительно шага 8
11	$\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max})$  Верхняя подцель успешно унифицировалась с заголовком правила. Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: замена $\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max})$ телом найденного правила: $N2 \geq N1,$ $!$  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $3 \geq 1,$ $!$  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели	$\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max}) = \text{max3Cut}(N1, N2, \_, N2)$  Сравнение главных функций: $\text{max3Cut} = \text{max3Cut}$  Сравнение аргументов: $1 = N1, 3 = N2, 2 = \_, \text{Max} = N2$  Унификация успешна Подстановка: $\{N1=1, N2=3\}$	Прямой ход. Новое состояние резольвенты
12	$3 \geq 1,$ $!$  Верхняя подцель истинна. Образование новой резольвенты: удаление $3 \geq 1,$  Новое состояние резольвенты: $!$  Резольвента непуста, запуск алгоритма унификации для верхней подцели	$3 \geq 1$  Истина	Прямой ход. Новое состояние резольвенты
13	$!$  Отмена последней редукции (дважды), восстановление предыдущего состояния резольвенты: $\text{max3Cut}(1, 3, 2, \text{Max})$		Встречен системный предикат отсеечения.  Решение найдено: формируется подстановка $\{\text{Max}=N2=3\}$ в качестве побочного эффекта.  Завершение работы.