|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **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 № 18**

**Рекурсия на Prolog**

|  |  |
| --- | --- |
| **Студент: Луговой Д.М.**  **Группа: ИУ7-61Б**  **Преподаватель:** Толпинская Н. Б. |  |

Москва.

2020 г.

**Цель работы –** изучить рекурсивные способы организации программ на Prolog, методы формирования эффективных рекурсивных программ и порядок реализации таких программ.

**Задачи работы**

Приобрести навыки использования рекурсии на Prolog, эффективного способа ее организации и прядка работы соответствующей программы.

Изучить возможность и необходимость использования системных предикатов в рекурсивной программе на Prolog, принципы и особенности порядка работы такой программы. Способ формирования и изменения резольвенты в этом случае и порядок формирования ответа.

**Задание**

**Используя хвостовую рекурсию, разработать программу, позволяющую найти**

1. **n!**,
2. **n-е** число Фибоначчи.

Убедиться в правильности результатов**.**

**Для одного** из вариантов **ВОПРОСА** и каждого **задания 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: Т1=Т2 и каков **результат** (и подстановка) | Дальнейшие действия: прямой ход или откат (почему и к чему приводит?) |
| 1… | … | … | Комментарий, вывод… |
| … | … | … | … |

**Ответы на вопросы**

* **Что такое рекурсия? Как организуется хвостовая рекурсия в Prolog? Как организовать выход из рекурсии в Prolog?**

Рекурсия – это ссылка при описании объекта на этот же объект. Рекурсия в Prolog – упоминание в теле правила терма, который сопоставим с заголовком этого же правила. Для организации хвостовой рекурсии такой терм нужно поместить в конец тела описываемого правила. Выход из рекурсии организуется с помощью отдельного предложения этой же процедуры, при организации выхода необходимо проследить за тем, чтобы система снова не использовала нижележащие правила в ходе отката, это возможно сделать с помощью отсечения.

* **Какое первое состояние резольвенты?**

Начальное состояние резольвенты – вопрос, т.е. цель доказательства.

* **В каком случае система запускает алгоритм унификации? Каково назначение использования алгоритма унификации? Каков результат работы алгоритма унификации?**

Система запускаем алгоритм унификации в случае, если резольвента не пуста и в БЗ еще есть предложения, не отмеченные как просмотренные. Унификация запускается для первой подцели из резольвенты и очередного заголовка правила из БЗ (знания просматриваются сверху вниз). Алгоритм унификации предназначен для логического вывода, система использует его для того, чтобы "увидеть одинаковость" термов и дать ответ «Да» на поставленный вопрос. Унификация является основным вычислительным шагом работы программы. Результатом работы унификации является успех или неудача, побочным эффектом является построенная в ходе унификации подстановка.

* **В каких пределах программы переменные уникальны?**

Именованные переменные уникальны в пределах одного предложения, любая анонимная переменная уникальна.

* **Как применяется подстановка, полученная с помощью алгоритма унификации?**

Подстановка, полученная при унификации термов, применяется к новой резольвенте, первая подцель которой была заменена телом правила, с заголовком которого подцель успешно унифицировалась, путем конкретизации переменных соответствующими термами из подстановки.

* **Как изменяется резольвента?**

Резольвента меняется с помощью редукции и отката. В ходе редукции первая подцель резольвенты заменяется телом сопоставимого с ней правила из БЗ (т.е. правила, заголовок которого успешно унифицируется с подцелью), а затем к конъюнкции подцелей из резольвенты применяется подстановка, найденная при унификации подцели и заголовка правила. Также резольвента меняется в ходе отката, она возвращается в свое предыдущее состояние.

* **В каких случаях запускается механизм отката?**

Механизм отката запускается в случае попадания в тупиковую ситуацию, т.е. если из текущего состояния перейти в новое состояние невозможно, или в случае, если осуществляется поиск всех возможных ответов и очередной ответ был найден.

**Текст программы**

domains

number = integer

predicates

fib(number, number).

fib\_help(number, number, number, number, number).

fact(number, number).

fact\_help(number, number, number, number).

clauses

fib(N, Res) :- fib\_help(N, Res, 1, 1, 1).

fib\_help(N, Res, N, Res, \_) :- !.

fib\_help(N, Res, I, Num1, Num2) :- I1 = I + 1, Num11 = Num1 + Num2,

fib\_help(N, Res, I1, Num11, Num1).

fact(N, Res) :- fact\_help(N, Res, 1, 1).

fact\_help(N, Res, N, Res) :- !.

fact\_help(N, Res, N1, Res1) :- N2 = N1 + 1, Res2 = Res1 \* N2, fact\_help(N, Res, N2, Res2).

Предикат fib является вспомогательным предикатом для поиска N-ого числа Фибоначчи. Основной предикат для поиска числа Фибоначчи с использованием хвостовой рекурсии – fib\_help. Его аргументы: 1-ый - номер числа Фибоначчи которое нужно найти; 2-ой - результат поиска числа Фибоначчи; 3-ий – текущий номер числа Фибоначчи; 4-ый – текущее число Фибоначчи; 5-ый – предыдущее число Фибоначчи. Выход из рекурсии осуществляется, когда номер текущего числа Фибоначчи становится равен номеру искомого числа Фибоначчи, начальный номер текущего числа равен 1.

Предикат fact является вспомогательным предикатом для вычисления N-факториала. Основной предикат для вычисления N-факториала с использованием хвостовой рекурсии – fact\_help. Его аргументы: 1-ый – число, для которого ищется факториал; 2-ой – результат вычисления факториала; 3-ий – текущее число, для которого найден факториал; 4-ый – факториал текущего числа. Выход из рекурсии осуществляется, когда текущее число, факториал которого найден, становится равно исходному числу, изначально текущее число равно 1.

**Примеры работы**

|  |  |
| --- | --- |
| Вопрос | Результат |
| Задание 1. Найти n!.  **fact(4, Res).** | Res=24  1 Solution |
| Задание 2. Найти n-ое число Фибоначчи.  **fib(4, Res).** | Res=5  1 Solution |

Таблица порядка работы системы, для 1-го задания, вопрос: fact(4, Res). (Факториал числа 4)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № шага | Состояние резольвенты, и вывод: дальнейшие действия (почему?) | Для каких термов запускается алгоритм унификации: Т1=Т2 и каков **результат** (и подстановка) | Дальнейшие действия: прямой ход или откат (почему и к чему приводит?) |
| 1 | Резольвента:  fact(4, Res).  Начальное состояние резольвенты – вопрос.  Запускается унификация цели с очередным заголовком правила из БЗ. | - Попытка унификации fact(4, Res) = fact(N, Res)  - Результат: Успех, подстановка {N=4, Res=Res} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 2 | Резольвента:  fact\_help(4, Res, 1, 1).  В резольвенте в ходе редукции цель была заменена телом правила, заголовок которого был успешно унифицирован с вопросом, и была применена подстановка, найденная при унификации.  Запускается унификация цели с очередным заголовком правила из БЗ. | - Попытка унификации  fact\_help(4, Res, 1, 1) = fact\_help(N, Res, N1, Res1)  - Результат: успех, подстановка {N=4, Res=Res, N1=1, Res1=1} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 3 | Резольвента:  N2 = 1 + 1,  Res2 = 1 \* N2,  fact\_help(4, Res, N2, Res2).  В резольвенте в ходе редукции цель была заменена телом правила, заголовок которого был успешно унифицирован с вопросом, и была применена подстановка, найденная при унификации.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации N2 = 1 + 1  - Результат: успех, подстановка {N2 = 2} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 4 | Резольвента:  Res2 = 1 \* 2,  fact\_help(4, Res, 2, Res2).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации Res2 = 1 \* 2  - Результат: успех, подстановка {Res2 = 2} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 5 | Резольвента:  fact\_help(4, Res, 2, 2).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация цели с очередным заголовком правила из БЗ. | - Попытка унификации  fact\_help(4, Res, 2, 2) = fact\_help(N, Res, N1, Res1)  - Результат: успех, подстановка {N=4, Res=Res, N1=2, Res1=2} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 6 | Резольвента:  N2 = 2 + 1,  Res2 = 2 \* N2,  fact\_help(4, Res, N2, Res2).  В резольвенте в ходе редукции цель была заменена телом правила, заголовок которого был успешно унифицирован с вопросом, и была применена подстановка, найденная при унификации.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации N2 = 2 + 1  - Результат: успех, подстановка {N2 = 3} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 7 | Резольвента:  Res2 = 2 \* 3,  fact\_help(4, Res, 3, Res2).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации Res2 = 2 \* 3  - Результат: успех, подстановка {Res2 = 6} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 8 | Резольвента:  fact\_help(4, Res, 3, 6).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация цели с очередным заголовком правила из БЗ. | - Попытка унификации  fact\_help(4, Res, 3, 6) = fact\_help(N, Res, N1, Res1)  - Результат: успех, подстановка {N=4, Res=Res, N1=3, Res1=6} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 9 | Резольвента:  N2 = 3 + 1,  Res2 = 6 \* N2,  fact\_help(4, Res, N2, Res2).  В резольвенте в ходе редукции цель была заменена телом правила, заголовок которого был успешно унифицирован с вопросом, и была применена подстановка, найденная при унификации.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации N2 = 3 + 1  - Результат: успех, подстановка {N2 = 4} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 10 | Резольвента:  Res2 = 6 \* 4,  fact\_help(4, Res, 4, Res2).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации Res2 = 6 \* 4  - Результат: успех, подстановка {Res2 = 24} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 11 | Резольвента:  fact\_help(4, Res, 4, 24).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация цели с очередным заголовком правила из БЗ. | - Попытка унификации  fact\_help(4, Res, 4, 24) = fact\_help(N, Res, N, Res)  - Результат: успех, подстановка {N=4, Res=24} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 12 | Резольвента:  !.  В резольвенте в ходе редукции цель была заменена телом правила, заголовок которого был успешно унифицирован с вопросом, и была применена подстановка, найденная при унификации. | Отсечение истинно, так как встретилось при прямом ходе | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 13 | Резольвента пуста, так отсечение истинно и произошла редукция резольвенты. |  | Вывод ответа Res=24, так как резольвента пуста, откат резольвенты к предыдущему состоянию |
| 14 | Резольвента:  !.  Резольвента вернулась к предыдущему состоянию в ходе отката. | Отсечение ложно, так как был произведен откат. | Отсечение запрещает использовать оставшиеся правила, конец работы |

Таблица порядка работы системы, для 2-го задания, вопрос: fib(4, Res). (4-ое число Фибоначчи)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № шага | Состояние резольвенты, и вывод: дальнейшие действия (почему?) | Для каких термов запускается алгоритм унификации: Т1=Т2 и каков **результат** (и подстановка) | Дальнейшие действия: прямой ход или откат (почему и к чему приводит?) |
| 1 | Резольвента:  fib(4, Res).  Начальное состояние резольвенты – вопрос.  Запускается унификация цели с очередным заголовком правила из БЗ. | - Попытка унификации fib(4, Res) = fib(N, Res)  - Результат: Успех, подстановка {N=4, Res=Res} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 2 | Резольвента:  fib\_help(4, Res, 1, 1, 1).  В резольвенте в ходе редукции цель была заменена телом правила, заголовок которого был успешно унифицирован с вопросом, и была применена подстановка, найденная при унификации.  Запускается унификация цели с очередным заголовком правила из БЗ. | - Попытка унификации  fib\_help(4, Res, 1, 1, 1) = fib\_help(N, Res, I, Num1, Num2)  - Результат: успех, подстановка {N=4, Res=Res, I=1, Num1=1, Num2=1} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 3 | Резольвента:  I1 = 1 + 1,  Num11 = 1 + 1,  fib\_help(4, Res, I1, Num11, 1).  В резольвенте в ходе редукции цель была заменена телом правила, заголовок которого был успешно унифицирован с вопросом, и была применена подстановка, найденная при унификации.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации  I1 = 1 + 1  - Результат: успех, подстановка {I1 = 2} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 4 | Резольвента:  Num11 = 1 + 1,  fib\_help(4, Res, 2, Num11, 1).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации Num11 = 1 + 1  - Результат: успех, подстановка  {Num11= 2} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 5 | Резольвента:  fib\_help(4, Res, 2, 2, 1).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация цели с очередным заголовком правила из БЗ. | - Попытка унификации  fib\_help(4, Res, 2, 2, 1) = fib\_help(N, Res, I, Num1, Num2)  - Результат: успех, подстановка {N=4, Res=Res, I=2, Num1=2, Num2=1} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 6 | Резольвента:  I1 = 2 + 1,  Num11 = 2 + 1,  fib\_help(4, Res, I1, Num11, 2).  В резольвенте в ходе редукции цель была заменена телом правила, заголовок которого был успешно унифицирован с вопросом, и была применена подстановка, найденная при унификации.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации  I1 = 2 + 1  - Результат: успех, подстановка {I1 = 3} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 7 | Резольвента:  Num11 = 2 + 1,  fib\_help(4, Res, 3, Num11, 2).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации Num11 = 2 + 1  - Результат: успех, подстановка  {Num11= 3} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 8 | Резольвента:  fib\_help(4, Res, 3, 3, 2).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация цели с очередным заголовком правила из БЗ. | - Попытка унификации  fib\_help(4, Res, 3, 3, 2) = fib\_help(N, Res, I, Num1, Num2)  - Результат: успех, подстановка {N=4, Res=Res, I=3, Num1=3, Num2=2} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 9 | Резольвента:  I1 = 3 + 1,  Num11 = 3 + 2,  fib\_help(4, Res, I1, Num11, 3).  В резольвенте в ходе редукции цель была заменена телом правила, заголовок которого был успешно унифицирован с вопросом, и была применена подстановка, найденная при унификации.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации  I1 = 3 + 1  - Результат: успех, подстановка {I1 = 4} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 10 | Резольвента:  Num11 = 3 + 2,  fib\_help(4, Res, 4, Num11, 3).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация первой подцели. | - Попытка унификации Num11 = 3 + 2  - Результат: успех, подстановка  {Num11= 5} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 11 | Резольвента:  fib\_help(4, Res, 4, 5, 3).  В резольвенте в ходе редукции первая подцель была удалена и была применена подстановка.  Запускается унификация цели с очередным заголовком правила из БЗ. | - Попытка унификации  fib\_help(4, Res, 4, 5, 3) = fib\_help(N, Res, N, Res, \_)  - Результат: успех, подстановка  {N=4, Res=5, \_=3} | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 12 | Резольвента:  !.  В резольвенте в ходе редукции цель была заменена телом правила, заголовок которого был успешно унифицирован с вопросом, и была применена подстановка, найденная при унификации. | Отсечение истинно, так как встретилось при прямом ходе | Прямой ход, редукция резольвенты, так как унификация успешна |
| 13 | Резольвента пуста, так отсечение истинно и произошла редукция резольвенты. |  | Вывод ответа Res=5, так как резольвента пуста, откат резольвенты к предыдущему состоянию |
| 14 | Резольвента:  !.  Резольвента вернулась к предыдущему состоянию в ходе отката. | Отсечение ложно, так как был произведен откат. | Отсечение запрещает использовать оставшиеся правила, конец работы |

**Вывод**

Из приведенных выше примеров работы системы видно, что благодаря использованию отсечения объем работ по поиску ответа на заданный вопрос существенно сокращается, что ведет к повышению эффективности работы системы. Также на эффективность работы системы влияет порядок, в которым правила расположены в БЗ, правильная его организации позволяет существенно сократить количество унификаций. В случае использования рекурсии эффективность работы обеспечивается использованием хвостовой рекурсией и грамотной организацией выхода из рекурсии(необходимо проследить за тем, чтобы система снова не использовала нижележащие правила в ходе отката, это возможно сделать с помощью отсечения).