



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 №16 по курсу "Функциональное и логическое программирование"

Тема Рекурсия на Prolog

Студент Цветков И.А.

Группа ИУ7-63Б

Оценка (баллы) _____

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

Москва — 2022 г.

1 Практические задания

Условие: 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.

Листинг программы

```
1 PREDICATES
2   factor(integer , integer) .
3   factorRec(integer , integer , integer) .
4
5   fib(integer , integer) .
6   fibRec(integer , integer , integer , integer) .
7
8
9 CLAUSES
10  factorRec(Num, Result , Temp) :- Num <= 1 , Result = Temp , !.
11
12  factorRec(Num, Result , Temp) :-
13      TmpRes = Temp * Num ,
14      TmpNum = Num - 1 ,
15      factorRec(TmpNum, Result , TmpRes) .
16
17
18  factor(Num, Result) :- factorRec(Num, Result , 1) .
19
20
21  fibRec(Num, Result , PrevRes , _) :- Num < 2 , Result = PrevRes , !.
22
23  fibRec(Num, Result , PrevPrevRes , PrevRes) :-
24      TmpNum = Num - 1 ,
25      NextPrevRes = PrevPrevRes + PrevRes ,
26      fibRec(TmpNum, Result , PrevRes , NextPrevRes) .
27
28
```

```
29      fib(Num, Result) :- fibRec(Num, Result, 1, 1).
30
31
32 GOAL
33      % factor(5, Result). % 120
34      fib(10, Result). % 55
```

Выполнение заданий

Таблицы приложены в конце отчета

Таблица к заданию

Вопрос: $factor(3, Res)$.

| № шага | Сравнение термы, результат, подстановка, если есть | Дальнейшие действия, прямой ход или откат (к чему приводит?) |
|--------|--|---|
| 0 | | Состояние резольвенты: $factor(3, Res)$ |
| 1 | Сравнение: $factor(3, Res) == factorRec(Num, Result, Temp)$. Унификация: неуспешна (несовпадение функторов) | Прямой ход Переход к следующему предложению |
| 2 | ... | ... |
| 3 | Сравнение: $factor(3, Res) == factor(Num, Result)$ Унификация: успешна Подстановка: $\{Num = 3, Result = Res\}$ | Образование новой резольвенты: 1. Редукция верхней подцели: замена $factor(3, Res)$ телом найденного правила Получена конъюнкция целей: $factorRec(Num, Result, 1)$ 2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $factorRec(3, Res, 1)$ |
| 4 | Сравнение: $factorRec(3, Res, 1) == factorRec(Num, Result, Temp)$. Унификация: успешна Подстановка: $\{Num = 3, Result = Res, Temp = 1\}$ | Образование новой резольвенты: 1. Редукция верхней подцели: замена $factorRec(3, Res, 1)$ телом найденного правила Получена конъюнкция целей: $Num \leq 1, Result = Temp, !$ 2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $3 \leq 0, Res = 1, !$ |
| 5 | Сравнение: $3 \leq 0$ Результат: ложь | Обратная трассировка: 1) Отмена крайней редукции (на шаге 4) 2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты (с шага 4): $factorRec(3, Res, 1)$ 3) Реконкретизация переменных с шага 4: $\{Num = 3, Result = Res, Temp = 1\}$ Переход к следующему предложению относительно шага 4 |

| | | |
|------|---|---|
| 6 | <p>Сравнение: $factorRec(3, Res, 1) == factorRec(Num, Result, Temp)$</p> <p>Унификация: успешна</p> <p>Подстановка: $\{Num = 3, Result = Res, Temp = 1\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $factorRec(3, Res, 1)$ телом найденного правила</p> <p>Получена конъюнкция целей: $TmpRes = Temp * Num,$ $TmpNum = Num - 1,$ $factorRec(TmpNum, Result, TmpRes).$</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $TmpRes = 1 * 3,$ $TmpNum = 3 - 1,$ $factorRec(TmpNum, Res, TmpRes).$</p> |
| 7 | <p>Сравнение: $TmpRes = 1 * 3$</p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка: $\{TmpRes = 3\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $TmpRes = 1 * 3$, так как результат – истина</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $TmpNum = 3 - 1,$ $factorRec(TmpNum, Res, 3)$</p> |
| 8 | <p>Сравнение: $TmpNum = 3 - 1$</p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка: $\{TmpNum = 2\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $TmpNum = 3 - 1$, так как результат – истина</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $factorRec(2, Res, 3)$</p> |
| 9-10 | Аналогично шагам 4-5 | |
| 11 | <p>Сравнение: $factorRec(2, Res, 3) == factorRec(Num, Result, Temp)$</p> <p>Унификация: успешна</p> <p>Подстановка: $\{Num = 2, Result = Res, Temp = 3\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $factorRec(2, Res, 3)$ телом найденного правила</p> <p>Получена конъюнкция целей: $TmpRes = Temp * Num,$ $TmpNum = Num - 1,$ $factorRec(TmpNum, Result, TmpRes).$</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $TmpRes = 3 * 2,$ $TmpNum = 2 - 1,$ $factorRec(TmpNum, Res, TmpRes).$</p> |
| 12 | <p>Сравнение: $TmpRes = 3 * 2$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> |

| | | |
|----|--|---|
| | <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка: $\{TmpRes = 6\}$</p> | <p>1. Редукция верхней подцели: замена $TmpRes = 3 * 2$, так как результат – истина</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $TmpNum = 2 - 1$, $factorRec(TmpNum, Res, 6)$</p> |
| 13 | <p>Сравнение: $TmpNum = 2 - 1$</p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка: $\{TmpNum = 1\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $TmpNum = 2 - 1$, так как результат – истина</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $factorRec(1, Res, 6)$</p> |
| 14 | <p>Сравнение: $factorRec(1, Res, 6) == factorRec(Num, Result, Temp)$.</p> <p>Унификация: успешна</p> <p>Подстановка: $\{Num = 1, Result = Res, Temp = 6\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $factorRec(1, Res, 6)$ телом найденного правила</p> <p>Получена конъюнкция целей: $Num \leq 1, Result = Temp, !$</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $1 \leq 1, Res = 6, !$</p> |
| 15 | <p>Сравнение: $1 \leq 1$</p> <p>Результат: истина</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $1 \leq 1$, так как результат – истина</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $Res = 6, !$</p> |
| 16 | <p>Сравнение: $Res = 6$</p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка: $\{Res = 6\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $Res = 6$, так как результат – истина</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $!$</p> |
| 17 | <p>!</p> | <p>Решение найдено: формирование подстановки в качестве побочного эффекта: $\{Res = 6\}$</p> <p>Встречен системный предикат отсечения,</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | | откат с отсечением остаточных предложений процедуры относительно шага 14 |
| 18 | Сравнение: $factorRec(1, Res, 6) == factor(Num, Result)$ Унификация: неуспешна (несовпадение функторов) | Прямой ход Переход к следующему предложению |
| 19-21 | ... | ... |
| 22 | | Конец БЗ Обратная трассировка: 1) Отмена крайней редукции (на шаге 11) 2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты (с шага 8): $factorRec(2, Res, 3)$ 3) Реконкретизация переменных с шага 11: $\{Num = 2, Result = Res, Temp = 3\}$ Переход к следующему предложению относительно шага 11 |
| Решения далее найдены не будут, в итоге система через несколько восстановлений восстановит резольвенту до шага 0 | | |
| 35 | | Конец БЗ Обратная трассировка: 1) Отмена крайней редукции (на шаге 0) 2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты: резольвента пуста Завершение работы На вопрос удалось ответить утвердительно 1 подстановка были возвращены в качестве побочного эффекта |

Вопрос: $fib(3, Res)$

| № шага | Сравнение термы, результат, подстановка, если есть | Дальнейшие действия, прямой ход или откат (к чему приводит?) |
|--------|---|---|
| 0 | | Состояние резольвенты: $fib(3, Res)$ |
| 1 | Сравнение: $fib(3, Res) == factorRec(Num, Result, Temp)$ Унификация: неуспешна (несовпадение функторов) | Прямой ход Переход к следующему предложению |
| 2-5 | ... | ... |
| 6 | Сравнение: $fib(3, Res) == fib(Num, Result)$ Унификация: успешна Подстановка: $\{Num = 3, Result = Res\}$ | Образование новой резольвенты: 1. Редукция верхней подцели: замена $fib(3, Res)$ телом найденного правила Получена конъюнкция целей: $fibRec(Num, Result, 1, 1)$ |

| | | |
|-----|--|---|
| | | <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: <i>factorRec(3, Res, 1, 1)</i></p> |
| 7 | <p>Сравнение: <i>fibRec(3, Res, 1, 1) == factorRec(Num, Result, Temp)</i></p> <p>Унификация: неуспешна (несовпадение функторов)</p> | <p>Прямой ход Переход к следующему предложению</p> |
| 8-9 | ... | ... |
| 10 | <p>Сравнение: <i>fibRec(3, Res, 1, 1) == fibRec(Num, Result, PrevRes, _)</i></p> <p>Унификация: успешна</p> <p>Подстановка: {<i>Num = 3, Result = Res, PrevRes = 1, _ = 1</i>}</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена <i>fibRec(3, Res, 1, 1)</i> телом найденного правила</p> <p>Получена конъюнкция целей: <i>Num < 2, Result = PrevRes, !</i></p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: <i>3 < 2, Result = 1, !</i></p> |
| 11 | <p>Сравнение: <i>3 < 2</i></p> <p>Результат: ложь</p> | <p>Обратная трассировка:</p> <p>1) Отмена крайней редукции (на шаге 10)</p> <p>2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты (с шага 10): <i>fibRec(3, Res, 1, 1)</i></p> <p>3) Реконкретизация переменных с шага 10: {<i>Num = 3, Result = Res, PrevRes = 1, _ = 1</i>}</p> <p>Переход к следующему предложению относительно шага 10</p> |
| 12 | <p>Сравнение: <i>fibRec(3, Res, 1, 1) == fibRec(Num, Result, PrevPrevRes, PrevRes)</i></p> <p>Унификация: успешна</p> <p>Подстановка: {<i>Num = 3, Result = Res, PrevPrevRes = 1, PrevRes = 1</i>}</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена <i>fibRec(3, Res, 1, 1)</i> телом найденного правила</p> <p>Получена конъюнкция целей: <i>TmpNum = Num - 1,</i> <i>NextPrevRes = PrevPrevRes + PrevRes,</i> <i>fibRec(TmpNum, Result, PrevRes, NextPrevRes)</i></p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: <i>TmpNum = 3 - 1,</i> <i>NextPrevRes = 1 + 1,</i> <i>fibRec(TmpNum, Res, 1, NextPrevRes)</i></p> |

| | | |
|-------|--|--|
| 13 | <p>Сравнение: $TmpNum = 3 - 1$</p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка: $\{TmpNum = 2\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $TmpNum = 3 - 1$, так как результат – истина</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $NextPrevRes = 1 + 1$, $fibRec(2, Res, 1, NextPrevRes)$</p> |
| 14 | <p>Сравнение: $NextPrevRes = 1 + 1$</p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка: $\{NextPrevRes = 2\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $NextPrevRes = 1 + 1$, так как результат – истина</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $fibRec(2, Res, 1, 2)$</p> |
| 15-19 | Аналогично шагам 7-11 | |
| 20 | <p>Сравнение: $fibRec(2, Res, 1, 2) == fibRec(Num, Result, PrevPrevRes, PrevRes)$</p> <p>Унификация: успешна</p> <p>Подстановка: $\{Num = 2, Result = Res, PrevPrevRes = 1, PrevRes = 2\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $fibRec(2, Res, 1, 2)$ телом найденного правила</p> <p>Получена конъюнкция целей: $TmpNum = Num - 1$, $NextPrevRes = PrevPrevRes + PrevRes$, $fibRec(TmpNum, Result, PrevRes, NextPrevRes)$</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $TmpNum = 2 - 1$, $NextPrevRes = 1 + 2$, $fibRec(TmpNum, Res, 2, NextPrevRes)$</p> |
| 21 | <p>Сравнение: $TmpNum = 2 - 1$</p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка: $\{TmpNum = 1\}$</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $TmpNum = 3 - 1$, так как результат – истина</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: $NextPrevRes = 1 + 2$, $fibRec(1, Res, 2, NextPrevRes)$</p> |
| 22 | <p>Сравнение: $NextPrevRes = 1 + 2$</p> <p>Результат: успех</p> | <p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена $NextPrevRes = 1 + 1$, так как результат – истина</p> |

| | | |
|-------|---|--|
| | Подстановка: $\{NextPrevRes = 3\}$ | 2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $fibRec(1, Res, 2, 3)$ |
| 23 | Сравнение: $fibRec(1, Res, 2, 3) == factorRec(Num, Result, Temp)$ Унификация: неуспешна (несовпадение функторов) | Прямой ход Переход к следующему предложению |
| 24-25 | ... | ... |
| 26 | Сравнение: $fibRec(1, Res, 2, 3) == fibRec(Num, Result, PrevRes, _)$ Унификация: успешна Подстановка: $\{Num = 1, Result = Res, PrevRes = 2, _ = 3\}$ | Образование новой резольвенты: 1. Редукция верхней подцели: замена $fibRec(1, Res, 2, 3)$ телом найденного правила Получена конъюнкция целей: $Num < 2, Result = PrevRes, !$ 2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $1 < 2, Res = 2, !$ |
| 27 | Сравнение: $1 < 2$ Результат: истина | Образование новой резольвенты: 1. Редукция верхней подцели: замена $1 < 2$, так как результат – истина 2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $Res = 2, !$ |
| 28 | Сравнение: $Res = 2$ Результат: успех Подстановка: $\{Res = 2\}$ | Образование новой резольвенты: 1. Редукция верхней подцели: замена $Res = 2$, так как результат – истина 2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей. Новое состояние резольвенты: $!$ |
| 29 | ! | Решение найдено: формирование подстановки в качестве побочного эффекта: $\{Res = 2\}$ Встречен системный предикат отсечения, откат с отсечением остаточных предложений процедуры относительно шага 26 |
| 30 | Сравнение: $fibRec(1, Res, 2, 3) == fib(Num, Result)$ Унификация: неуспешна (несовпадение функторов) | Прямой ход Переход к следующему предложению |

| | | |
|--|-----|---|
| 19-20 | ... | ... |
| 21 | | <p>Конец БЗ</p> <p>Обратная трассировка:</p> <p>1) Отмена крайней редукции (на шаге 20)</p> <p>2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты (с шага 14): <i>fibRec(2, Res, 1, 2)</i></p> <p>3) Реконкретизация переменных с шага 20: <i>{Num = 2, Result = Res, PrevPrevRes = 1, PrevRes = 2}</i></p> <p>Переход к следующему предложению относительно шага 20</p> |
| Решения далее найдены не будут, в итоге система через несколько восстановлений восстановит резольвенту до шага 0 | | |
| 25 | | <p>Конец БЗ</p> <p>Обратная трассировка:</p> <p>1) Отмена крайней редукции (на шаге 0)</p> <p>2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты: резольвента пуста</p> <p>Завершение работы</p> <p>На вопрос удалось ответить утвердительно</p> <p>1 подстановка были возвращены в качестве побочного эффекта</p> |