



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 №16 по курсу "Функциональное и логическое программирование"

Тема Рекурсия на Prolog

Студент Ковалец К. Э.

Группа ИУ7-63Б

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

Москва — 2022 г.

# 1 Практические задания

## 1.1 Условие задания

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.

## 1.2 Листинг программы

```
1 PREDICATES
2     factorial(integer, integer).
3     factorial_rec(integer, integer, integer).
4
5     fibonacci(integer, integer).
6     fibonacci_rec(integer, integer, integer, integer).
7
8 CLAUSES
9     factorial_rec(Numb, Result, Current) :-
10         Numb <= 1, Result = Current, !.
11
12     factorial_rec(Numb, Result, Current) :-
13         Cur_res = Current * Numb,
14         Cur_numb = Numb - 1,
15         factorial_rec(Cur_numb, Result, Cur_res).
16
17     factorial(Numb, Result) :- factorial_rec(Numb, Result, 1).
18
19     fibonacci_rec(Numb, Result, Prev_res, _) :-
20         Numb < 2, Result = Prev_res, !.
21
22     fibonacci_rec(Numb, Result, Prev_prev_res, Prev_res) :-
23         Cur_res = Prev_prev_res + Prev_res,
24         Cur_numb = Numb - 1,
25         fibonacci_rec(Cur_numb, Result, Prev_res, Cur_res).
26
27     fibonacci(Numb, Result) :- fibonacci_rec(Numb, Result, 1, 1).
28
29 GOAL
30     % factorial(4, Result). % 24
31     fibonacci(6, Result). % 8
```

## 2 Таблицы для Лабораторной работы №16

Вопрос:  $\text{factorial}(3, \text{Result})$ .

№ шага	Сравнение термы, результат, подстановка, если есть	Дальнейшие действия, прямой ход или откат (к чему приводит?)
0		Состояние резольвенты: $\text{factorial}(3, \text{Result})$
1	Сравнение: $\text{factorial}(3, \text{Result}) == \text{factorial\_rec}(\text{Numb}, \text{Result}, \text{Current})$  Унификация: неуспешно (несовпадение функторов)	Прямой ход Переход к следующему предложению
2	——//——	——//——
3	Сравнение: $\text{factorial}(3, \text{Result}) == \text{factorial}(\text{Numb}, \text{Result})$  Унификация: успешно  Подстановка: $\{ \text{Numb} = 3, \text{Result} = \text{Result} \}$	Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: замена $\text{factorial}(3, \text{Result})$ телом найденного правила  Получена конъюнкция целей: $\text{factorial\_rec}(\text{Numb}, \text{Result}, 1)$ .  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.  Новое состояние резольвенты: $\text{factorial\_rec}(3, \text{Result}, 1)$ .
4	Сравнение: $\text{factorial\_rec}(3, \text{Result}, 1) == \text{factorial\_rec}(\text{Numb}, \text{Result}, \text{Current})$  Унификация: успешно  Подстановка: $\{ \text{Numb} = 3, \text{Result} = \text{Result}, \text{Current} = 1 \}$	Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: замена $\text{factorial\_rec}(3, \text{Result}, 1)$ телом найденного правила  Получена конъюнкция целей: $\text{Numb} \leq 1, \text{Result} = \text{Current}, !$  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.  Новое состояние резольвенты: $3 \leq 1, \text{Result} = 1, !$
5	Сравнение: $3 \leq 1$  Результат: ложь	Обратная трассировка:  1) Отмена крайней редукции (шаг 4) 2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты (шаг 3): $\text{factorial\_rec}(3, \text{Result}, 1)$

		<p>3) Реконкретизация переменных с шага 4: <math>\{Numb = 3, Current = 1\}</math></p> <p>Переход к следующему предложению относительно шага 4.</p>
6	<p>Сравнение:  <math>factorial\_rec(3, Result, 1) == factorial\_rec(Numb, Result, Current)</math></p> <p>Унификация: успешно</p> <p>Подстановка:  <math>\{Numb = 3, Result = Result, Current = 1\}</math></p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена <math>factorial\_rec(3, Result, 1)</math> телом найденного правила</p> <p>Получена конъюнкция целей:  <math>Cur\_res = Current * Numb,</math>  <math>Cur\_numb = Numb - 1,</math>  <math>factorial\_rec(Cur\_numb, Result, Cur\_res).</math></p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты:  <math>Cur\_res = 1 * 3,</math>  <math>Cur\_numb = 3 - 1,</math>  <math>factorial\_rec(Cur\_numb, Result, Cur\_res).</math></p>
7	<p>Сравнение:  <math>Cur\_res = 1 * 3</math></p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка:  <math>\{Cur\_res = 3\}</math></p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: удаление <math>Cur\_res = 1 * 3</math>, так как результат – истина.</p> <p>Получена конъюнкция целей:  <math>Cur\_numb = 3 - 1,</math>  <math>factorial\_rec(Cur\_numb, Result, Cur\_res).</math></p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты:  <math>Cur\_numb = 3 - 1,</math>  <math>factorial\_rec(Cur\_numb, Result, 3).</math></p>
8	<p>Сравнение:  <math>Cur\_numb = 3 - 1</math></p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка:  <math>\{Cur\_numb = 2\}</math></p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: удаление <math>Cur\_numb = 3 - 1</math>, так как результат – истина.</p> <p>Получена конъюнкция целей:  <math>factorial\_rec(Cur\_numb, Result, 3).</math></p>

		<p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: factorial_rec(2, Result, 3).</p>
9-13	...	...
14	<p>Сравнение: factorial_rec(1, Result, 6) == factorial_rec(Numb, Result, Current)</p> <p>Унификация: успешно</p> <p>Подстановка: {Numb = 1, Result = Result, Current = 6}</p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена factorial_rec(1, Result, 6) телом найденного правила</p> <p>Получена конъюнкция целей: Numb &lt;= 1, Result = Current, !</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: 1 &lt;= 1, Result = 6, !</p>
15	<p>Сравнение: 1 &lt;= 1</p> <p>Результат: истина</p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: удаление 1 &lt;= 1, так как результат – истина.</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: Result = 6, !</p>
16	<p>Сравнение: Result = 6</p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка: {Result = 6}</p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: удаление Result = 6, так как результат – истина.</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты: !</p>
17	!	<p>Решение найдено: формирование подстановки в качестве побочного эффекта: {Result = 6}</p> <p>Встречен системный предикат отсечения, откат с отсечением</p>

		остаточных предложений процедуры относительно шага 14
18	Сравнение: $factorial\_rec(1, Result, 6) == factorial(Numb, Result)$  Унификация: неуспешно (несовпадение функторов)	Прямой ход Переход к следующему предложению
19-21	——//——	——//——
22		Конец БЗ Обратная трассировка:  1) Отмена крайней редукции (шаг 11) 2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты (шаг 8): $factorial\_rec(2, Result, 3)$ . 3) Реконкретизация переменных с шага 11: $\{Numb = 2, Current = 3\}$  Переход к следующему предложению относительно шага 11.
Решения далее найдены не будут, в итоге система через несколько восстановлений восстановит резольвенту до шага 0		
31		Конец БЗ Обратная трассировка:  1) Отмена крайней редукции (шаг 0) 2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты: резольвента пуста.  Завершение работы. На вопрос удалось ответить утвердительно, поэтому в качестве побочного эффекта была возвращена 1 подстановка.

**Вопрос:**  $\text{fibonacci}(3, \text{Result})$ .

№ шага	Сравнение термы, результат, подстановка, если есть	Дальнейшие действия, прямой ход или откат (к чему приводит?)
0		Состояние резольвенты: $\text{fibonacci}(3, \text{Result})$
1	Сравнение: $\text{fibonacci}(3, \text{Result}) == \text{factorial\_rec}(\text{Numb}, \text{Result}, \text{Current})$  Унификация: неуспешно (несовпадение функторов)	Прямой ход Переход к следующему предложению
2-5	—//—	—//—
6	Сравнение: $\text{fibonacci}(3, \text{Result}) == \text{fibonacci}(\text{Numb}, \text{Result})$  Унификация: успешно  Подстановка: $\{\text{Numb} = 3, \text{Result} = \text{Result}\}$	Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: замена $\text{fibonacci}(3, \text{Result})$ телом найденного правила  Получена конъюнкция целей: $\text{fibonacci\_rec}(\text{Numb}, \text{Result}, 1, 1)$ .  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.  Новое состояние резольвенты: $\text{fibonacci\_rec}(3, \text{Result}, 1, 1)$ .
7	Сравнение: $\text{fibonacci\_rec}(3, \text{Result}, 1, 1) == \text{factorial\_rec}(3, \text{Result}, \text{Current})$  Унификация: неуспешно (несовпадение функторов)	Прямой ход Переход к следующему предложению
8-9	—//—	—//—
10	Сравнение: $\text{fibonacci\_rec}(3, \text{Result}, 1, 1) == \text{fibonacci\_rec}(\text{Numb}, \text{Result}, \text{Prev\_res}, \_)$  Унификация: успешно  Подстановка: $\{\text{Numb} = 3, \text{Result} = \text{Result}, \text{Prev\_res} = 1, \_ = 1\}$	Образование новой резольвенты:  1. Редукция верхней подцели: замена $\text{fibonacci\_rec}(3, \text{Result}, 1, 1)$ телом найденного правила  Получена конъюнкция целей: $\text{Numb} < 2, \text{Result} = \text{Prev\_res}, !$  2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.  Новое состояние резольвенты: $3 < 2, \text{Result} = 1, !$
11	Сравнение: $3 < 2$	Обратная трассировка:  1) Отмена крайней редукции (шаг 10)



	Результат: ложь	<p>2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты (шаг 6): <math>\text{fibonacci\_rec}(3, \text{Result}, 1, 1)</math>.</p> <p>3) Реконкретизация переменных с шага 10: <math>\{Numb = 3, \text{Result} = \text{Result}, \text{Prev\_res} = 1, \text{Cur\_res} = 1\}</math></p> <p>Переход к следующему предложению относительно шага 10.</p>
12	<p>Сравнение:  <math>\text{fibonacci\_rec}(3, \text{Result}, 1, 1) == \text{fibonacci\_rec}(Numb, \text{Result}, \text{Prev\_prev\_res}, \text{Prev\_res})</math></p> <p>Унификация: успешно</p> <p>Подстановка:  <math>\{Numb = 3, \text{Result} = \text{Result}, \text{Prev\_prev\_res} = 1, \text{Prev\_res} = 1\}</math></p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена <math>\text{fibonacci\_rec}(3, \text{Result}, 1, 1)</math> телом найденного правила</p> <p>Получена конъюнкция целей:  <math>\text{Cur\_res} = \text{Prev\_prev\_res} + \text{Prev\_res}</math>,  <math>\text{Cur\_numb} = Numb - 1</math>,  <math>\text{fibonacci\_rec}(\text{Cur\_numb}, \text{Result}, \text{Prev\_res}, \text{Cur\_res})</math>.</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты:  <math>\text{Cur\_res} = 1 + 1</math>,  <math>\text{Cur\_numb} = 3 - 1</math>,  <math>\text{fibonacci\_rec}(\text{Cur\_numb}, \text{Result}, 1, \text{Cur\_res})</math>.</p>
13	<p>Сравнение:  <math>\text{Cur\_res} = 1 + 1</math></p> <p>Унификация: успешно</p> <p>Подстановка:  <math>\{\text{Cur\_res} = 2\}</math></p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: удаление <math>\text{Cur\_res} = 1 + 1</math>, так как результат – истина.</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты:  <math>\text{Cur\_numb} = 3 - 1</math>,  <math>\text{fibonacci\_rec}(\text{Cur\_numb}, \text{Result}, 1, 2)</math>.</p>
14	<p>Сравнение:  <math>\text{Cur\_numb} = 3 - 1</math></p> <p>Унификация: успешно</p> <p>Подстановка:  <math>\{\text{Cur\_numb} = 2\}</math></p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: удаление <math>\text{Cur\_numb} = 3 - 1</math>, так как результат – истина.</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p>

		Новое состояние резольвенты: $\text{fibonacci\_rec}(2, \text{Result}, 1, 2).$
15-25	...	...
26	<p>Сравнение:  <math>\text{fibonacci\_rec}(1, \text{Result}, 2, 3) ==</math>  <math>\text{fibonacci\_rec}(\text{Numb}, \text{Result}, \text{Prev\_res}, \_)</math></p> <p>Унификация: успешно</p> <p>Подстановка:  <math>\{\text{Numb} = 1, \text{Result} = \text{Result}, \text{Prev\_res} = 2, \_ = 3\}</math></p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: замена <math>\text{fibonacci\_rec}(1, \text{Result}, 2, 3)</math> телом найденного правила</p> <p>Получена конъюнкция целей:  <math>\text{Numb} &lt; 2, \text{Result} = \text{Prev\_res}, !</math></p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты:  <math>1 &lt; 2, \text{Result} = 2, !</math></p>
27	<p>Сравнение:  <math>1 &lt; 2</math></p> <p>Результат: истина</p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: удаление <math>1 &lt; 2</math>, так как результат – истина.</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты:  <math>\text{Result} = 2, !</math></p>
28	<p>Сравнение:  <math>\text{Result} = 2</math></p> <p>Результат: успех</p> <p>Подстановка:  <math>\{\text{Result} = 2\}</math></p>	<p>Образование новой резольвенты:</p> <p>1. Редукция верхней подцели: удаление <math>\text{Result} = 2</math>, так как результат – истина.</p> <p>2. Применение подстановки к полученной конъюнкции целей.</p> <p>Новое состояние резольвенты:  <math>!</math></p>
29	!	<p>Решение найдено: формирование подстановки в качестве побочного эффекта:  <math>\{\text{Result} = 2\}</math></p> <p>Встречен системный предикат отсечения, откат с отсечением остаточных предложений процедуры относительно шага 26</p>

30	<p>Сравнение:  <math>\text{fibonacci\_rec}(1, \text{Result}, 2, 3) == \text{fibonacci}(\text{Numb}, \text{Result})</math></p> <p>Унификация: неуспешно (несовпадение функторов)</p>	<p>Прямой ход  Переход к следующему предложению</p>
31		<p>Конец БЗ  Обратная трассировка:</p> <p>1) Отмена крайней редукции (шаг 20)  2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты (шаг 14):  <math>\text{fibonacci\_rec}(2, \text{Result}, 1, 2)</math>.  3) Реконкретизация переменных с шага 20: <math>\{ \text{Numb} = 2, \text{Result} = \text{Result}, \text{Prev\_prev\_res} = 1, \text{Prev\_res} = 2 \}</math></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		
36		<p>Конец БЗ  Обратная трассировка:</p> <p>1) Отмена крайней редукции (шаг 0)  2) Восстановление предыдущего состояния резольвенты: резольвента пуста.</p> <p>Завершение работы.  На вопрос удалось ответить утвердительно, поэтому в качестве побочного эффекта была возвращена 1 подстановка.</p>