

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тульский государственный педагогический университет  
имени Л. Н. Толстого»  
Кафедра информатики и методики обучения информатике

*В. С. ВАНЬКОВА, Ю. М. МАРТЫНЮК, Н. Н. ХАБАРОВ*

**СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.  
Часть I.  
РЕКУРСИВНО-ЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ**

Тула  
2012

**ББК 32.813я73**  
**УДК 519.764.4**  
**В 17**

Рецензенты:  
кандидат биологических наук,  
доцент кафедры информационных технологий *Н.М.Исаева*,  
(Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н.Толстого);  
кандидат педагогических наук, доцент кафедры  
информационных систем и компьютерных технологий *Е. А. Сnižко*  
(БГТУ им. Д. Ф. Устинова)

В 17 Ванькова, В. С.  
Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие: В 2 ч. /  
В.С. Ванькова, Ю. М. Мартынюк, Н.Н.Хабаров – Тула: Тул. гос. пед.  
ун-т им.Л.Н.Толстого, 2012. – Ч.І. Рекурсивно-логическое  
программирование – 64с.

В учебном пособии представлен материал для формирования навыков рекурсивно-логического программирования. Пособие содержит большое количество примеров, тестирование которых проводилось в режиме Test Goal в свободно распространяемой среде логического программирования Visual Prolog 5.2.

Учебное пособие предназначено студентам, обучающимся по направлениям 010500.62 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем», 010300.62 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», и может быть использовано студентами, проходящими подготовку в рамках группы направлений 010000 «Физико-математические науки».

Материалы данного учебного пособия содержат теоретические основы элективных курсов соответствующей тематики в средней школе.

**УДК 519.764.4**

ISBN 978-5-87954-765-8

©В.С.Ванькова,  
Ю.М.Мартынюк,  
Н.Н.Хабаров, 2012  
© ТГПУ, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....</b>	<b>6</b>
1.1 Схема построения формальной системы .....	6
1.2 Логика и исчисление высказываний .....	6
1.3 Логическое следствие и логический вывод .....	7
1.4 Метод резолюций.....	9
1.5 Формальная теория .....	9
1.6 Отношение и предикат .....	10
1.7 Кванторы .....	10
1.8 Язык логики предикатов.....	11
1.9 Логический вывод в исчислении предикатов .....	13
<b>КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЛОГИКИ .....</b>	<b>14</b>
2.1 Логическое программирование .....	14
2.2 Виды предложений Хорна .....	15
<b>ОСНОВЫ ЯЗЫКА VISUAL PROLOG.....</b>	<b>18</b>
3.1 ПРОграммирование в ЛОГике .....	18
3.1.1 Предикаты .....	19
3.1.2. Факты.....	19
3.1.3. Правила.....	20
3.1.4. Запросы (цели) .....	21
3.1.5. Переменные .....	21
3.1.6. Комментарии .....	23
3.2 Программы Visual Prolog .....	24
3.2.1 Основные разделы программ.....	24
3.2.2 Стандартные домены .....	25
3.3 Сопоставление и унификация .....	26
3.4 Поиск с возвратом.....	28
3.4.1 Основные правила поиска с возвратом .....	28
3.4.2 Управление поиском решений .....	30
3.5 Арифметические выражения. Ввод и вывод данных .....	34
3.5.1 Функции и предикаты .....	34
3.5.2 Генератор случайных чисел.....	35
3.5.3 Возврат вычисленного значения .....	36
3.5.4 Предикаты вывода .....	36
3.5.5 Предикат ввода.....	37
3.5.6 Предикат not .....	38
3.6 Простые и составные объекты .....	39
3.6.1 Составные объекты данных и функторы .....	39
3.6.2 Правило декларирования доменов для составных объектов.....	42
3.7 Повтор и рекурсия .....	44
3.7.1 Откат с петлями.....	44
3.7.2 Оптимизация хвостовой рекурсии.....	45
3.7.3 Использование аргументов в качестве переменных цикла .....	46
3.8 Рекурсивные структуры данных .....	48
3.8.1 Списки .....	48
3.8.1.1 Сопоставление в списках .....	48
3.8.1.2 Определение списков .....	48
3.8.1.3 Вычисления в списках .....	50
3.8.1.4 Печать списков.....	50
3.8.1.5 Изменение данных в списках.....	51
3.8.1.6 Поиск всех решений для цели сразу.....	52

3.8.1.7 Принадлежность к списку.....	53
3.8.1.8 Объединение списков .....	53
3.8.2 Деревья .....	55
3.8.2.1 Обход дерева .....	55
3.8.2.2 Создание дерева .....	56
3.8.2.3 Бинарные поисковые деревья. ....	57
3.9 Внутренняя база фактов Пролога.....	58
3.10 Функции и возвращаемые значения.....	59
3.11 Предикаты обработки строк в Прологе.....	60
3.12 Управление детерминизмом в Прологе. ....	61
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>63</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное учебное пособие предназначено студентам, постигающим основы логического программирования, при изучении дисциплины элективного модульного блока «Системы искусственного интеллекта». На его страницах проводится систематизация знаний по математической логике и иллюстрируется приложение теории формальных систем к системам логического программирования.

В предложенных материалах подробно изложены основы программирования на языке Пролог в среде Visual Prolog. Рассмотрены процессы сопоставления и унификации, поиска с возвратом и управления исполнением программ на уровне использования предиката отсечения и неудачи. Исследуется возможность использования откатов и рекурсии (в том числе и хвостовой). Изучаются возможности использования простых и составных объектов данных (списков), арифметических выражений, встроенных функций и предикатов.

Разобрано большое количество примеров, приводятся комментарии по их использованию и тестированию. Примеры часто взаимосвязаны и дополняют друг друга.

Пособие может быть использовано студентами вузов и преподавателями, осуществляющими теоретическую и практическую подготовку по указанному направлению в рамках элективных курсов и кружковой работы.

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

## 1.1 Схема построения формальной системы

Общая схема построения любой формальной системы  $T$  такова:

### 1) Язык системы $T$ :

- определяется алфавит – перечень элементарных символов системы;
- определяются правила построения формул (синтаксис) – формула считается правильно построенной тогда и только тогда, когда она построена в соответствии с этими правилами;

### 2) Аксиомы системы $T$ :

- выделяется конечное или перечислимое (определяемое с помощью некоторого алгоритма перечислений) множество формул, которое называется аксиомами системы.

### 3) Правила вывода системы $T$ :

- Фиксируется обычно конечное множество предикатов  $R_i$  ( $i > 0$ ) на множестве всех формул. Если для формул  $F_1, \dots, F_{n+1}$  утверждение  $R_i(F_1, \dots, F_{n+1})$  истинно, то говорят, что формула  $F_{n+1}$  непосредственно выводима из формул  $F_1, \dots, F_n$  по правилу  $R_i$ .

*Задание языка, аксиом и правил вывода исчерпывает задание формальной системы как точного математического объекта.*

*Выводом в формальной системе  $T$  называется любая конечная последовательность формул системы  $T$ , в которой каждая формула является либо аксиомой системы  $T$ , либо непосредственно следует из каких-либо предшествующих ей в этом выводе формул по одному из правил вывода  $R_i$  системы  $T$ .*

Формула системы  $T$  называется *теоремой* этой системы, если существует вывод в формальной системе  $T$ , заканчивающийся этой формулой.

## 1.2 Логика и исчисление высказываний

Рассмотрим три высказывания на естественном языке:

«Стрекоза является насекомым» - фактическая истина;

«Любой город обладает населением в несколько тысяч человек» - истина языка;

«Если из того, что четырехугольник является квадратом, следует, что все его углы и стороны равны между собой, то из того, что не все углы и стороны четырехугольника равны между собой, следует, что четырехугольник не является квадратом» - истинность данного высказывания определяется по смыслу слов. Само же высказывание содержит в себе высказывания и логические связки «если... то...», «не ...». Причем, если высказывания заменить переменными  $X$  и  $Y$ , то предложение «если из  $X$  следует  $Y$ , то из не  $Y$  следует не  $X$ » будет логически истинным независимо от смысла  $X$  и  $Y$ .