

**МОДЕЛИ ЯЗЫКА — СКЛОНЕНИЕ ПРИТЯЖАТЕЛЬНЫХ ИМЕН ПРИЛАГАТЕЛЬНЫХ**

**Введение**

Совершенствование развития машинной обработки естественно-языковой информации является одной из важнейших задач компьютеризации и информатизации [1]. Попытки решить проблему полноценной обработки информации, представленной на естественном языке, путем составления специально предназначенных для этого компьютерных программ, наталкиваются на значительные трудности. Эти попытки предпринимались на протяжении более 50 лет, объемы выполняемых работ катастрофически растут, а до полноценной обработки информации еще очень далеко. Это наглядно видно на качестве современного машинного перевода, распознавания рукописного текста и звучащей речи. По-прежнему крайне ограничены возможности общения человека с компьютером на естественном языке [2].

Решение этих задач существенно сдерживается недостаточной глубиной формального описания механизмов языка. Компьютер — это математическая машина, в нем не удастся привести в действие неформализованные знания о языке, которыми располагает лингвистика [3]. Если из анализа языка удастся извлечь более доскональный алгебраический язык, это значительно увеличит возможности разработчиков информационных систем, новых информационных технологий [4]. В 80-х годах был создан такой математический аппарат, он получил название алгебры предикатов. С помощью данного аппарата был математически описан такой аспект языка как склонение полных непритяжательных имен прилагательных. В данной работе представлена математическая модель склонения притяжательных имен прилагательных. *Цель работы* — продемонстрировать алгебрологический подход к формализации естественного языка на примере притяжательных имен прилагательных русского языка и основанный на нем принцип параллельной обработки естественно-языковой информации. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: 1) исследовать лингвистический материал и существующие аналоги обработки естественно-языковой информации; 2) задать отношения, описывающие механизм склонения притяжательных имен прилагательных (в виде уравнений алгебры предикатов) и при необходимости произвести бинарную декомпозицию данных отношений; 3) построить предикат модели, описывающий структуру склонения притяжательных имен прилагательных, производя конъюнкцию

полученных бинарных отношений; 4) построить схему логической сети для данной модели.

**1. Склонение притяжательных имен прилагательных**

Процесс склонения имен в грамматике [5], [6] представлен в табл. 1, называемой *парадигматической*.

Таблица 1

**Парадигматическая таблица**

Падеж	Число			Множественное
	Единственное			
	Род			
	Мужской	Женский	Средний	
Именительный	сестрин	сестрина	сестрино	сестрины
Родительный	сестрино сестрина	сестриной	сестрино сестрина	сестринных
Дательный	сестрино сестрину	сестриной	сестрино сестрину	сестринным
Винительный	сестрин сестрино сестрина	сестрину	сестрино	сестрины сестринных
Творительный	сестринным	сестриной сестриною	сестринным	сестринными
Предложный	сестрином	сестриной	сестрином	сестринных

Таблица составлена для конкретного слова. В нашем случае это притяжательное прилагательное — *сестрин*. В процессе построения предложения человеку приходится подбирать нужные формы для всех входящих в него слов, обращаясь при этом к их склонению. Словоформа каждого слова всегда выбирается единственным образом. Она однозначно характеризуется своим окончанием. Окончание определяется двумя факторами: *самим словом* (представленным словарной формой слова [3] или его основой) и *текстом*, в который вставляется слово (*контекстом*). Определим систему признаков, значения которых однозначно определяют выбор нужной словоформы.

Уже было отмечено, что на выбор окончания влияет контекст. Однако контекстов неограниченное количество, все перебрать и зафиксировать невозможно. Но типов влияний контекстов на окончание словоформы может быть ограниченное количество. Оказывается, что это именно так. Такую задачу решили лингвисты, составив таблицу склонения слова. Для притяжательного имени прилагательного такая таблица приведена выше. Каждая ячейка таблицы характеризует один из типов влияний контекста, в том числе и половинные ячей-

ки. Языкознание выделяет пять признаков влияния контекста. Это *род, число, падеж* – три глобальных признака и два локальных признака: *признак одушевленности* и *признак архаичности* словоформы. Признак одушевленности актуален для притяжательных имен прилагательных в единственном числе мужского рода и множественном числе винительного падежа. Признак архаичности актуален для прилагательных в единственном числе мужского и среднего рода в родительном и дательном падежах, для одушевленного имени прилагательного мужского рода в винительном падеже, а также для прилагательных в единственном числе женского рода в творительном падеже.

Рассмотрим, как влияет на выбор окончания имени прилагательного такой фактор, как основа слова и какими признаками он характеризуется. Существуют притяжательные имена прилагательные, которые склоняются по-разному. Многие же слова склоняются однотипно. Все слова одного *типа склонения* имеют парадигматические таблицы с одними и теми же окончаниями [3]. Всего имеется четыре типа склонения полных притяжательных имен прилагательных. Они представлены табл. 2–5 окончаний для всех типов склонения с указанием их номеров, которые сопровождаются примерами основ, склоняемых по данному типу [3].

Таблица 2

1-сестрин			
–	а	о	ы
ого	ой	ого	ых
а		а	
ому	ой	ому	ым
у		у	
–			ы
ого	у	о	ых
а			
ым	ой	ым	ыми
	ою		
ом	ой	ом	ых

Таблица 3

2-отцов			
–	а	о	ы
а	ой	а	ых
а		а	
у	ой	у	ым
у		у	
–			ы
а	у	о	ых
а			
ым	ой	ым	ыми
	ою		
ом	ой	ом	ых

Таблица 4

3-лисий			
ий	я	е	и
его	ей	его	их
его		его	
ему	ей	ему	им
ему		ему	
ий			и
его	ю	е	их
его			
им	ей	им	ими
	ею		
ем	ей	ем	их

Таблица 5

4-дочерний			
ий	яя	ее	ие
его	ей	его	их
его		его	
ему	ей	ему	им
ему		ему	
ий			ие
его	юю	ее	их
его			
им	ей	им	ими
	ею		
ем	ей	ем	их

Тип склонения притяжательных имен прилагательных однозначно определяется *суффиксом* ос-

новы слова. Зависимость типа склонения от суффикса основы указана в табл. 6.

Таблица 6  
Зависимость типа склонения от суффикса основы слова

Суффикс основы слова	Тип склонения
ИН, НИН	1
ОВ, ЕВ, ЫН	2
–	3
Н	4

Также необходимо отметить, что в прилагательных, которые имеют третий тип склонения, в основе слова перед окончанием появляется смягчение (мягкий знак «ь»).

Таким образом, существует шесть признаков, которые однозначно определяют выбор нужной словоформы притяжательного имени прилагательного – грамматические: число, падеж, род, признаки одушевленности, архаичности, и лексикографические: суффикс, основа слова.

## 2. Математическое описание склонения притяжательных имен прилагательных

После определения грамматических и лексикографических признаков, однозначно задающих выбор окончания слова, руководясь табл. 1–5, приступаем к формальному описанию процесса склонения притяжательных имен прилагательных. С этой целью для каждого признака вводим свою предметную переменную:  $x_1$  – *род* формы слова со значениями М – мужской, Ж – женский, С – средний;  $x_2$  – *число* формы слова со значениями Е – единственное, М – множественное;  $x_3$  – *падеж* формы слова со значениями И – именительный, Р – родительный, Д – дательный, В – винительный, Т – творительный, П – предложный;  $x_4$  – *признак одушевленности* формы слова со значениями О – одушевленный, Н – неодушевленный;  $x_5$  – *признак употребляемости* формы слова со значениями С – современная, А – архаичная;  $s$  – суффикс основы слова со значениями \* (суффикс отсутствует), ОВ, ЕВ, ЫН, ИН, Н, НИН. Введем также предметные переменные для обозначения типа склонения слова, признака смягчения основы слова и окончания:  $t$  – *тип склонения* слова со значениями 1–4;  $w$  – *признака смягчения основы слова* со значениями: Ъ, \* (отсутствие смягчения);  $z$  – *окончание* формы слова со значениями: \* (окончание отсутствует – нулевое), А, Я, У, Ю, Е, О, ЯЯ, ЮЮ, ЕЕ, ИЕ, ОЙ, ЕЙ, ОМ, ЕМ, ОГО, ЕГО, ОМУ, ЕМУ, ОЮ, ЕЮ, ИЙ, ЫМ, ИМ, Ы, И, ЫЕ, ЫХ, ИХ, ЫМИ, ИМИ.

Запишем области изменения для всех вышеперечисленных переменных. Получаем следующую систему формул алгебры предикатов:

$$\begin{aligned}
 &x_1^M \vee x_1^Ж \vee x_1^C = 1; x_2^E \vee x_2^M = 1; \\
 &x_3^И \vee x_3^P \vee x_3^Д \vee x_3^B \vee x_3^T \vee x_3^П = 1; x_4^O \vee x_4^H = 1; \\
 &x_5^C \vee x_5^A = 1; s^1 \vee s^2 \vee s^3 \vee s^4 = 1; w^b \vee w^* = 1; \\
 &c^* \vee c^{OB} \vee c^{EB} \vee c^{ИH} \vee c^{БH} \vee c^H \vee c^{HИH} = 1; \\
 &z^* \vee z^A \vee z^Я \vee z^Y \vee z^{Ю} \vee z^E \vee z^O \vee z^{OЙ} \vee \\
 &\vee z^{EЯ} \vee z^{OM} \vee z^{EM} \vee z^{ОГО} \vee z^{ЕГО} \vee z^{ОМУ} \vee \\
 &\vee z^{ЕМУ} \vee z^{ОЮ} \vee z^{ЕЮ} \vee z^{ИЙ} \vee z^{ЫM} \vee z^{ИM} \vee \\
 &\vee z^{Ы} \vee z^И \vee z^{ЫХ} \vee z^{ИХ} \vee z^{ЫMИ} \vee z^{ИMИ} \vee \\
 &\vee z^{ЯЯ} \vee z^{ЮЮ} \vee z^{EE} \vee z^{IE} = 1.
 \end{aligned}$$

Концовку «=1» для краткости можно опустить.

Сначала рассмотрим формульное описание влияния контекста на выбор окончания. Контекст, в который включено имя прилагательное, влияет на форму слова признаками  $x_1 - x_5$ . Типов влияния контекста не может быть больше, чем ячеек парадигматической таблицы [3]. Таким образом, число типов влияния контекста сразу ограничиваем сверху. Пронумеровав каждую ячейку парадигматической таблицы, таблицу 1 можно представить в следующем виде (табл. 7):

Таблица 7

$x_3$	$x_2$			M
	E			
	$x_1$			
	M	Ж	C	
И	1	8	15	21
P	2	9	16	22
	28		31	
Д	3	10	17	23
	29		32	
B	4	11	18	24
	5			25
	30			
T	6	12	19	26
		13		
П	7	14	20	27

Всего получаем 32 ячейки парадигматической таблицы. Вводим еще одну предметную  $q$  переменную со значениями 1, 2, ..., 32  $P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = q$ . Выражаем номера ячеек парадигматической таблицы  $q$  через признаки  $x_1 - x_5$ :

$$\begin{aligned}
 &x_1^M x_2^E x_3^И = q^1; x_1^M x_2^E x_3^P x_5^C = q^2; x_1^M x_2^E x_3^P x_5^A = q^{28}; \\
 &x_1^M x_2^E x_3^Д x_5^C = q^3; x_1^M x_2^E x_3^Д x_5^A = q^{29}; x_1^M x_2^E x_3^B x_4^H = q^4; \\
 &x_1^M x_2^E x_3^B x_4^O x_5^C = q^5; x_1^M x_2^E x_3^B x_4^O x_5^A = q^{30}; x_1^M x_2^E x_3^T = q^6; \\
 &x_1^M x_2^E x_3^П = q^7; x_1^Ж x_2^E x_3^И = q^8; x_1^Ж x_2^E x_3^P = q^9; \\
 &x_1^Ж x_2^E x_3^Д = q^{10}; x_1^Ж x_2^E x_3^B = q^{11}; x_1^Ж x_2^E x_3^T x_5^C = q^{12};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &x_1^Ж x_2^E x_3^T x_5^A = q^{13}; x_1^Ж x_2^E x_3^П = q^{14}; x_1^C x_2^E x_3^И = q^{15}; \\
 &x_1^C x_2^E x_3^P x_5^C = q^{16}; x_1^C x_2^E x_3^P x_5^A = q^{31}; x_1^C x_2^E x_3^Д x_5^C = q^{17}; \\
 &x_1^C x_2^E x_3^Д x_5^A = q^{32}; x_1^C x_2^E x_3^B = q^{18}; x_1^C x_2^E x_3^T = q^{19}; \\
 &x_1^C x_2^E x_3^П = q^{20}; x_2^M x_3^И = q^{21}; x_2^M x_3^P = q^{22}; x_2^M x_3^Д = q^{23}; \\
 &x_2^M x_3^B x_4^H = q^{24}; x_2^M x_3^B x_4^O = q^{25}; x_2^M x_3^T = q^{26}; x_2^M x_3^П = q^{27}.
 \end{aligned}$$

Выполняем операцию почленной дизъюнкции родственных равенств [3]:

$$\begin{aligned}
 &x_1^M x_2^E x_3^И = q^1; (x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^P x_5^C = q^2 \vee q^{16}; \\
 &(x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^P x_5^A = q^{18} \vee q^{31}; \\
 &(x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^Д x_5^C = q^3 \vee q^{17}; \\
 &(x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^Д x_5^A = q^{29} \vee q^{32}; x_1^M x_2^E x_3^B x_4^H = q^4; \\
 &x_1^M x_2^E x_3^B x_4^O x_5^C = q^5; x_1^M x_2^E x_3^B x_4^O x_5^A = q^{30}; \\
 &(x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^T = q^6 \vee q^{19}; \\
 &(x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^П = q^7 \vee q^{20}; x_1^Ж x_2^E x_3^И = q^8; \\
 &x_1^Ж x_2^E (x_3^P \vee x_3^Д \vee x_3^П) = q^9 \vee q^{10} \vee q^{14}; \\
 &x_1^Ж x_2^E x_3^B = q^{11}; x_1^Ж x_2^E x_3^T x_5^C = q^{12}; \\
 &x_1^Ж x_2^E x_3^T x_5^A = q^{13}; x_1^C x_2^E (x_3^И \vee x_3^B) = q^{15} \vee q^{18}; \\
 &x_2^M x_3^И = q^{21}; x_2^M (x_3^P \vee x_3^П) = q^{22} \vee q^{27}; x_2^M x_3^Д = q^{23}; \\
 &x_2^M x_3^B x_4^H = q^{24}; x_2^M x_3^B x_4^O = q^{25}; x_2^M x_3^T = q^{26}.
 \end{aligned}$$

Сформируем функцию перехода от номера ячейки парадигматической таблицы  $q$  к номеру влияния контекста  $r$ :

$$\begin{aligned}
 &q^1 = r^1; q^2 \vee q^{16} = r^2; q^{28} \vee q^{31} = r^{20}; q^3 \vee q^{17} = r^3; \\
 &q^{29} \vee q^{32} = r^{21}; q^4 = r^4; q^5 = r^5; q^{30} = r^{22}; \\
 &q^6 \vee q^{19} = r^6; q^7 \vee q^{20} = r^7; q^8 = r^8; \\
 &q^9 \vee q^{10} \vee q^{14} = r^9; q^{11} = r^{10}; q^{12} = r^{11}; q^{13} = r^{12}; \\
 &q^{15} \vee q^{18} = r^{13}; q^{21} = r^{14}; q^{22} \vee q^{27} = r^{15}; q^{23} = r^{16}; \\
 &q^{24} = r^{17}; q^{25} = r^{18}; q^{26} = r^{19}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Область определения переменной  $r$  представлена в виде предиката:

$$\begin{aligned}
 &r^1 \vee r^2 \vee r^3 \vee r^4 \vee r^5 \vee r^6 \vee r^7 \vee r^8 \vee r^9 \vee \\
 &\vee r^{10} \vee r^{11} \vee r^{12} \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{15} \vee r^{16} \vee \\
 &\vee r^{17} \vee r^{18} \vee r^{19} \vee r^{20} \vee r^{21} \vee r^{22} = 1.
 \end{aligned}$$

Введем номера влияния контекста на выбор нужной словоформы, перенумеровав ячейки парадигматической таблицы, в соответствии с формулой (1), как представлено в табл. 8:

Таблица 8

$x_3$	$x_2$			М
	Е			
	$x_1$			
	М	Ж	С	
И	1	8	13	14
Р	2	9	2	15
	20		20	
Д	3	9	3	16
	21		21	
В	4	10	13	17
	5			18
	22			
Т	6	11	6	19
		12		
П	7	9	7	15

Функция номера влияния контекста  $r(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$  имеет вид:

$$\begin{aligned}
 &x_1^M x_2^E x_3^И = r^1; (x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^P x_4^C = r^2; \\
 &(x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^P x_4^A = r^{20}; (x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^Д x_4^C = r^3; \\
 &(x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^Д x_4^A = r^{21}; x_1^M x_2^E x_3^В x_4^H = r^4; \\
 &x_1^M x_2^E x_3^В x_4^O x_5^C = r^5; x_1^M x_2^E x_3^В x_4^O x_5^A = r^{22}; \\
 &(x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^Т = r^6; (x_1^M \vee x_1^C) x_2^E x_3^П = r^7; \\
 &x_1^Ж x_2^E x_3^И = r^8; x_1^Ж x_2^E (x_3^P \vee x_3^Д \vee x_3^П) = r^9; \\
 &x_1^Ж x_2^E x_3^В = r^{10}; x_1^Ж x_2^E x_3^Т x_4^C = r^{11}; \\
 &x_1^Ж x_2^E x_3^Т x_4^A = r^{12}; x_1^C x_2^E (x_3^И \vee x_3^В) = r^{13}; \\
 &x_2^M x_3^И = r^{14}; x_2^M (x_3^P \vee x_3^П) = r^{15}; x_2^M x_3^Д = r^{16}; \\
 &x_2^M x_3^В x_4^H = r^{17}; x_2^M x_3^В x_4^O = r^{18}; x_2^M x_3^Т = r^{19}.
 \end{aligned}$$

Произведем бинаризацию только что записанных отношений, связывающих переменную  $r$  с переменными  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ . Для этого отыскиваем отношения  $P_i, i = \overline{1,5}$ , связывающие переменные  $r$  и  $x_i, i = \overline{1,5}$ , и изобразим данные отношения в виде двудольных графов. Связь между  $x_1$  и  $r$ :

$$\begin{aligned}
 P_1(x_1, r) = &x_1^M (r^1 \vee r^4 \vee r^5 \vee r^{22}) \vee \\
 &\vee (x_1^M \vee x_1^C) (r^2 \vee r^3 \vee r^6 \vee r^7 \vee r^{20} \vee r^{21}) \vee \\
 &\vee x_1^Ж (r^8 \vee r^9 \vee r^{10} \vee r^{11} \vee r^{12}) \vee x_1^C r^{13} \vee \\
 &\vee (x_1^M \vee x_1^Ж \vee x_1^C) (r^{14} \vee r^{15} \vee r^{16} \vee r^{17} \vee r^{18} \vee r^{19}).
 \end{aligned}$$

Двудольный граф, соответствующий данному отношению, имеет вид:



Рис. 1. Двудольный граф отношения  $P_1(x_1, r)$

Отношение  $P_2(x_2, r)$  определяет связь между переменными  $x_2$  и  $r$ :

$$\begin{aligned}
 P_2(x_2, r) = &x_2^E (r^1 \vee r^2 \vee r^3 \vee r^4 \vee r^5 \vee r^6 \vee r^7 \vee r^8 \vee \\
 &\vee r^9 \vee r^{10} \vee r^{11} \vee r^{12} \vee r^{13} \vee r^{20} \vee r^{21} \vee r^{22}) \vee \\
 &\vee x_2^M (r^{14} \vee r^{15} \vee r^{16} \vee r^{17} \vee r^{18} \vee r^{19}).
 \end{aligned}$$

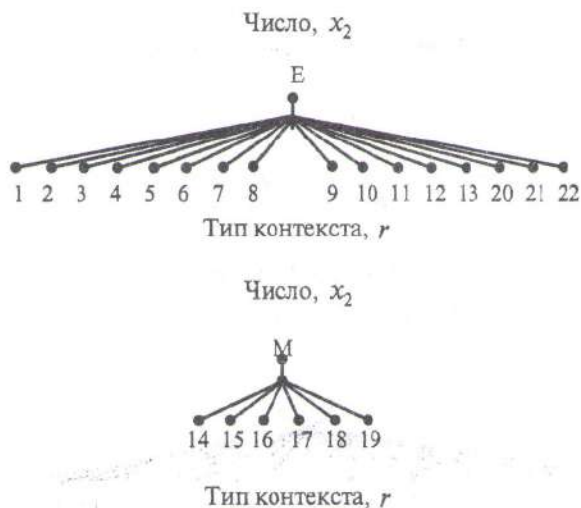


Рис. 2. Двудольный граф отношения  $P_2(x_2, r)$

Связь между переменными  $x_3$  и  $r$  выражается отношением  $P_3(x_3, r)$ :

$$\begin{aligned}
 P_3(x_3, r) = &x_3^И (r^1 \vee r^8 \vee r^{14}) \vee x_3^P (r^2 \vee r^{20}) \vee \\
 &\vee x_3^Д (r^3 \vee r^{16} \vee r^{21}) \vee \\
 &\vee x_3^В (r^4 \vee r^5 \vee r^{10} \vee r^{17} \vee r^{18} \vee r^{22}) \\
 &\vee x_3^Т (r^6 \vee r^{11} \vee r^{12} \vee r^{19}) \vee x_3^П r^7 \vee \\
 &\vee (x_3^P \vee x_3^Д \vee x_3^П) r^9 \vee (x_3^И \vee x_3^В) r^{13} \vee (x_3^P \vee x_3^П) r^{15}.
 \end{aligned}$$

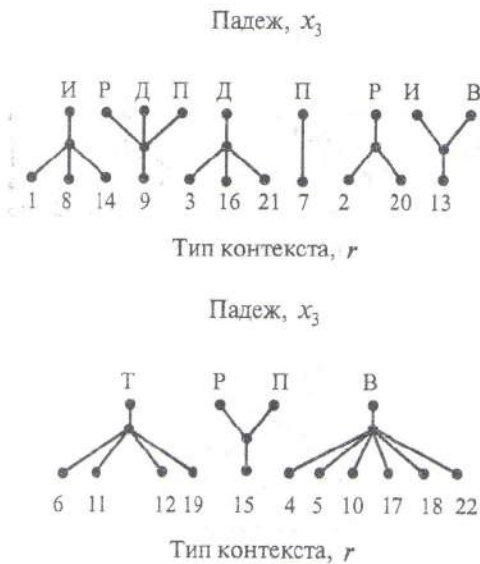
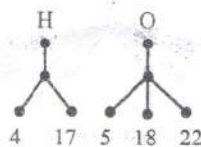


Рис. 3. Двудольный граф отношения  $P_3(x_3, r)$

Отношение  $P_4(x_4, r)$  задает связь переменных  $x_4$  и  $r$ :

$$P_4(x_4, r) = x_4^H (r^4 \vee r^{17}) \vee x_4^O (r^5 \vee r^{18} \vee r^{22}) \vee (x_4^H \vee x_4^O) (r^1 \vee r^2 \vee r^3 \vee r^6 \vee r^7 \vee r^8 \vee r^9 \vee r^{10} \vee r^{11} \vee r^{12} \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{15} \vee r^{16} \vee r^{19} \vee r^{20} \vee r^{21}).$$

Признак одушевленности,  $x_4$



Тип контекста,  $r$

Признак одушевленности,  $x_4$

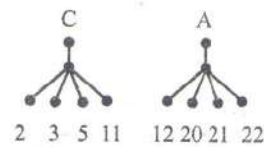


Рис. 4. Двудольный граф отношения  $P_4(x_4, r)$

Связь между переменными  $x_5$  и  $r$  задает предикат  $P_5(x_5, r)$  и граф на рис. 5:

$$P_5(x_5, r) = x_5^C (r^2 \vee r^3 \vee r^5 \vee r^{11}) \vee x_5^A (r^{12} \vee r^{20} \vee r^{21} \vee r^{22}) \vee (x_5^C \vee x_5^A) (r^1 \vee r^4 \vee r^6 \vee r^7 \vee r^8 \vee r^9 \vee r^{10} \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{15} \vee r^{16} \vee r^{17} \vee r^{18} \vee r^{19}).$$

Признак употребляемости,  $x_5$



Тип контекста,  $r$

Признак употребляемости,  $x_5$



Рис. 5. Двудольный граф отношения  $P_5(x_5, r)$

Формульное описание влияния контекста на выбор окончания слова закончено. Теперь проследим, как влияет на выбор формы слова такой фактор, как *основа слова*. Суффикс основы слова  $c$  однозначно определяет тип склонения слова  $s$ . Зависимость  $g(c) = s$  показана в табл. 6. С помощью данной таблицы записываем функцию типа склонения на языке алгебры предикатов.

$$c^{ИН} \vee c^{НИН} = s^1; c^{ОВ} \vee c^{ЕВ} \vee c^{ЫН} = s^2; c^* = s^3; c^H = s^4.$$

Произведем бинаризацию функции  $g(c) = s$ . Для этого составим отношение  $P_6$ , связывающее переменные  $s$  и  $c$ :

$$P_6(c, s) = (c^{ИН} \vee c^{НИН}) s^1 \vee (c^{ОВ} \vee c^{ЕВ} \vee c^{ЫН}) s^2 \vee c^* s^3 \vee c^H s^4.$$

Двудольный граф, описывающий данное отношение, имеет вид:



Рис. 6. Двудольный граф отношения  $P_6(c, s)$

Таким образом мы математически описали связь между признаками контекста и типом контекста — предикаты  $P_1(x_1, r), P_2(x_2, r), P_3(x_3, r), P_4(x_4, r), P_5(x_5, r)$ , и связь между типом склонения и признаком, который однозначно определяет выбор типа

склонения основы слова – предикат  $P_6(c, s)$ . Теперь можем приступить к рассмотрению связи окончания  $z$  и признака смягчения основы слова  $w$  притяжательного имени прилагательного с типом контекста  $r$  и типом склонения основы слова  $s$ . Зависимость между переменными  $z, r$  представлена в табл. 9.

Таблица 9  
Зависимость окончания от типа контекста

Тип контекста, $r$	Окончание, $z$
1	*, ИЙ
2	ОГО, А, ЕГО
3	ОМУ, У, ЕМУ
4	*, ИЙ
5	ОГО, А, ЕГО
6	ЫМ, ИМ
7	ОМ, ЕМ
8	А, Я, ЯЯ
9	ОЙ, ЕЙ
10	У, Ю, ЮЮ
11	ОЙ, ЕЙ
12	ОЮ, ЕЮ
13	О, Е, ЕЕ
14	Ы, И, ИЕ
15	ЫХ, ИХ
16	ЫМ, ИМ
17	Ы, И, ИЕ
18	ЫХ, ИХ
19	ЫМИ, ИМИ
20	А, ЕГО
21	У, ЕМУ
22	А, ЕГО

Используя данную таблицу, запишем отношение  $P_7(r, z)$ , определяющее связь между типом контекста и окончанием:

$$\begin{aligned}
 P_7(r, z) = & (r^1 \vee r^4) (z^* \vee z^{\text{ИЙ}}) \vee \\
 & \vee (r^2 \vee r^5) (z^{\text{ОГО}} \vee z^{\text{А}} \vee z^{\text{ЕГО}}) \vee \\
 & \vee r^3 (z^{\text{ОМУ}} \vee z^{\text{У}} \vee z^{\text{ЕМУ}}) \vee \\
 & \vee (r^6 \vee r^{16}) (z^{\text{ЫМ}} \vee z^{\text{ИМ}}) \vee \\
 & \vee r^7 (z^{\text{ОМ}} \vee z^{\text{ЕМ}}) \vee r^8 (z^{\text{А}} \vee z^{\text{Я}} \vee z^{\text{ЯЯ}}) \vee \\
 & (r^9 \vee r^{11}) (z^{\text{ОЙ}} \vee z^{\text{ЕЙ}}) \vee r^{10} (z^{\text{У}} \vee z^{\text{Ю}} \vee z^{\text{ЮЮ}}) \vee \\
 & \vee r^{12} (z^{\text{ОЮ}} \vee z^{\text{ЕЮ}}) \vee r^{13} (z^{\text{О}} \vee z^{\text{Е}} \vee z^{\text{ЕЕ}}) \vee \\
 & \vee (r^{14} \vee r^{17}) (z^{\text{Ы}} \vee z^{\text{И}} \vee z^{\text{ИЕ}}) \vee \\
 & \vee (r^{15} \vee r^{18}) (z^{\text{ЫХ}} \vee z^{\text{ИХ}}) \vee \\
 & \vee r^{19} (z^{\text{ЫМИ}} \vee z^{\text{ИМИ}}) \vee r^{21} (z^{\text{У}} \vee z^{\text{ЕМУ}}) \vee \\
 & \vee (r^{20} \vee r^{22}) (z^{\text{А}} \vee z^{\text{ЕГО}}).
 \end{aligned}$$

Двудольный граф, соответствующий данному отношению, имеет вид:

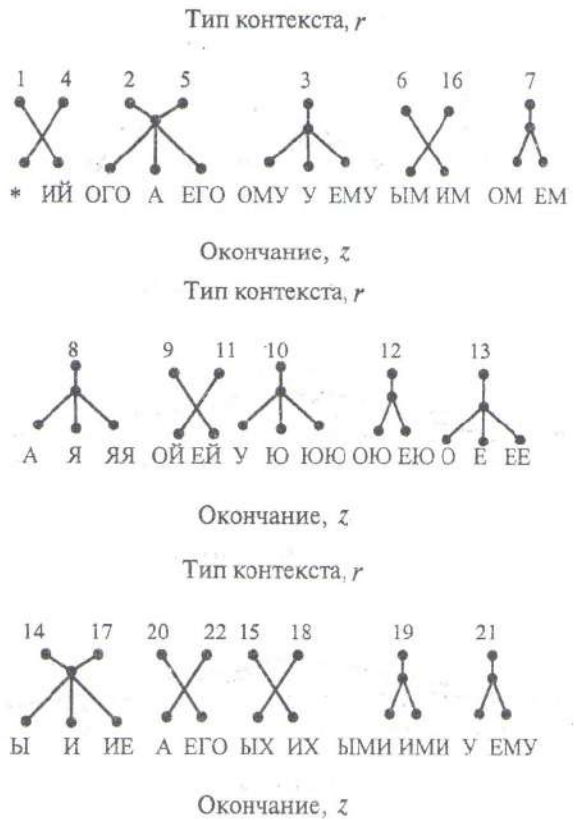


Рис. 7. Двудольный граф отношения  $P_7(r, z)$

Связь типа склонения основы слова  $s$  с окончанием словоформы  $z$  представлена в табл. 10.

Таблица 10  
Зависимость окончания от типа склонения основы слова

Тип склонения, $s$	Окончание слова, $z$
1	*, ОГО, А, ОМУ, У, ЫМ, ОМ, ОЙ, ОЮ, О, Ы, ЫХ, ЫМИ
2	*, А, У, ЫМ, ОМ, ОЙ, ОЮ, О, Ы, ЫХ, ЫМИ
3	ИЙ, ЕГО, ЕМУ, ИМ, ЕМ, Я, ЕЙ, Ю, ЕЮ, Е, И, ИХ, ИМИ
4	ИЙ, ЕГО, ЕМУ, ИМ, ЕМ, ЯЯ, ЕЙ, ЮЮ, ЕЮ, ЕЕ, ИЕ, ИХ, ИМИ

По данной таблице можно построить предикат, описывающий зависимость между переменными  $s$  и  $z$ , и двудольный граф, соответствующий данному предикату:

$$\begin{aligned}
 P_8(s, z) = & s^1 (z^{\text{ОГО}} \vee z^{\text{ОМУ}}) \vee s^3 (z^{\text{Я}} \vee z^{\text{Ю}} \vee z^{\text{Е}} \vee z^{\text{И}}) \\
 & \vee s^4 (z^{\text{ЯЯ}} \vee z^{\text{ЮЮ}} \vee z^{\text{ЕЕ}} \vee z^{\text{ИЕ}}) \vee \\
 & \vee (s^1 \vee s^2) (z^* \vee z^{\text{А}} \vee z^{\text{У}} \vee z^{\text{ЫМ}} \vee z^{\text{ОЙ}} \vee z^{\text{ОМ}} \vee \\
 & \vee z^{\text{ОЮ}} \vee z^{\text{О}} \vee z^{\text{Ы}} \vee z^{\text{ЫХ}} \vee z^{\text{ЫМИ}}) \vee \\
 & \vee (s^3 \vee s^4) (z^{\text{ЕЙ}} \vee z^{\text{ЕМ}} \vee z^{\text{ЕГО}} \vee z^{\text{ЕМУ}} \vee z^{\text{ЕЮ}} \vee \\
 & z^{\text{ИЙ}} \vee z^{\text{ИМ}} \vee z^{\text{ИХ}} \vee z^{\text{ИМИ}}).
 \end{aligned}$$

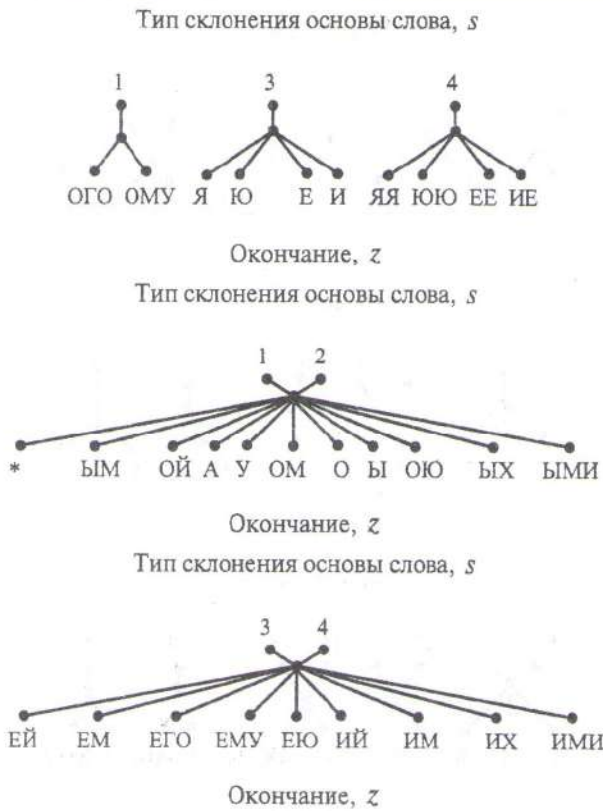


Рис. 8. Двудольный граф отношения  $P_8(s, z)$

Предикаты  $P_9(w, r)$  и  $P_{10}(w, s)$  и соответствующие им двудольные графы представлены ниже.

$$P_9(w, r) = w^b (r^2 \vee r^3 \vee r^5 \vee r^6 \vee r^7 \vee r^8 \vee r^9 \vee r^{10} \vee r^{11} \vee r^{12} \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{12} \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{15} \vee r^{16} \vee r^{17} \vee r^{18} \vee r^{19} \vee r^{20} \vee r^{21} \vee r^{22}) \vee w^* (r^1 \vee r^4).$$

Признак смягчения основы слова,  $w$

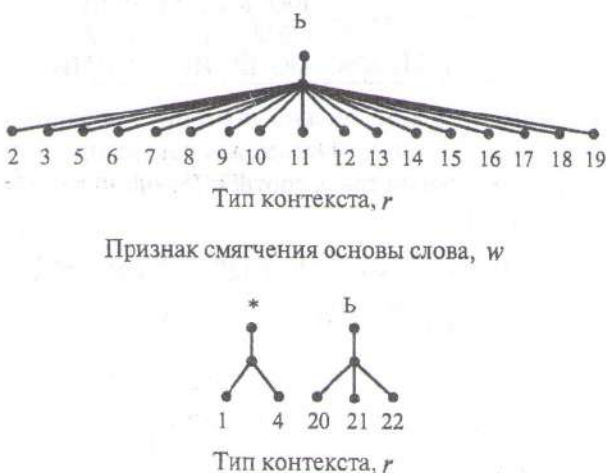
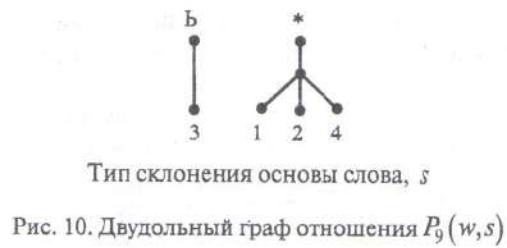


Рис. 9. Двудольный граф отношения  $P_9(w, r)$

$$P_{10}(w, s) = w^b s^3 \vee w^* (s^1 \vee s^2 \vee s^4).$$

Признак смягчения основы слова,  $w$



Таким образом, математическая модель склонения притяжательных имен прилагательных русского языка характеризуется системой бинарных отношений

$$P_1(x_1, r), P_2(x_2, r), P_3(x_3, r), P_4(x_4, r), P_5(x_5, r), P_6(c, s), P_7(r, z), P_8(s, z), P_9(w, r) \text{ и } P_{10}(w, s),$$

задающихся формулами соответствующих предикатов и графически изображаемые в виде двудольных графов, изображенных на рис. 1—10. Конъюнкция данных предикатов [7] задает предикат модели, который описывает структуру склонения притяжательных имен прилагательных:

$$P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, c, s, z) = P_1(x_1, r) \wedge P_2(x_2, r) \wedge P_3(x_3, r) \wedge P_4(x_4, r) \wedge P_5(x_5, r) \wedge P_6(c, s) \wedge P_7(r, z) \wedge P_8(s, z) \wedge P_9(w, r) \wedge P_{10}(w, s).$$

Данное отношение связывает между собой предметные переменные  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, c, s, w, z$ , обозначающие признаки, которые влияют на выбор нужной словоформы (выбор окончания притяжательного имени прилагательного).

Графическим представлением модели  $P$  склонения притяжательных имен прилагательных является логическая сеть, изображенная на рис. 11. Числа, стоящие над ветвями сети, указывают на номер соответствующего отношения  $P_i$ .

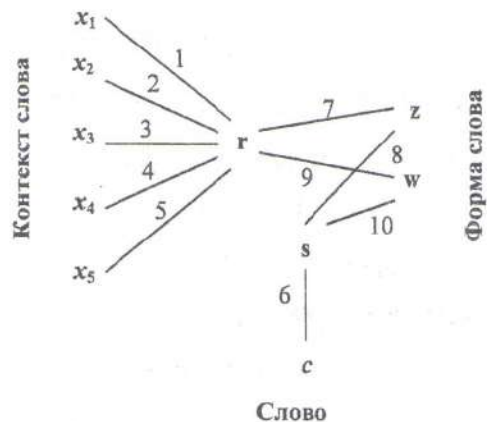


Рис. 11. Логическая сеть

Общие принципы построения и работы логической сети представлены в [3]. Отметим кратко основные моменты. Каждый полюс сети характеризуется только своей предметной переменной и ее областью задания, а каждая ветвь – своим двуместным предикатом, который зависит от переменных, указанных на концах этой ветви [7]. По ветвям цепи в обе стороны происходит движение информации в виде преобразования множеств. В первом полутакте идет линейное логическое преобразование множеств, во втором – конъюнкция входных множеств по каждому полюсу. Затем идет второй, третий и так далее такты. Информация распространяется по сети волнообразно. Процесс заканчивается, причем, за конечное число тактов, когда очередной такт не дает уже никакого изменения состояния сети в полюсах. В пределах системы отношений, реализованных в сети, сеть находит знание относительно любой предметной переменной [2].

### Выводы

Основным результатом работы является построение математической модели склонения притяжательных имен прилагательных русского языка. На данном примере продемонстрирован в действии алгебрологический подход к описанию и принцип параллельной обработки естественно-языковой информации: модель любого механизма языка и мышления описывается с помощью системы отношений, каждое из которых выражается некоторой формулой алгебры предикатов; каждую такую формулу можно представить некоторой схемой, которая без труда реализуется существующими средствами радиоэлектроники; в результате получается сеть, которая была названа логической [8].

Предложенный проект есть один из компонентов, который можно использовать в существующих системах и на пути создания будущих систем естественно-языкового поиска, автоматического перевода, редактирования, реферирования, бесклавиатурного ввода речевой информации, а также других систем искусственного интеллекта. Продемонст-

рированный алгебрологический подход к формализации русского языка можно использовать и для построения формальной модели любого другого естественного языка, т. к. все языки с математической точки зрения представляют собой тождественные алгебры.

*Перспективы дальнейших исследований* в данном направлении состоят в проведении всестороннего анализа алгебрологической структуры естественного языка. Сеть работает лишь для притяжательных и полных непритяжательных [3] прилагательных. Необходимо описать и другие аспекты грамматики: словоизменение для остальных частей речи, словообразование, грамматику словосочетания и т. д. Все это будет описано по одному и тому же алгебрологическому принципу, эффективность и жизнеспособность которого продемонстрирована данным проектом. Далее необходимо было бы объединить полученные модели в одну общую и построить логическую сеть для данной модели, которая будет решать необходимые естественно-языковые задачи. Однако логическая сеть как технология описания естественного языка нуждается в дальнейшем совершенствовании.

**Список литературы:** 1. Широков В. А. Феноменология лексикографических систем. К.: Наукова думка, 2004. — 327 с. 2. Логическая сеть как технология моделирования естественного языка / Ю.П. Шабанов-Кушнаренко, В.И. Хаканов, Н.Т. Процай и др. // Тез. науч. практич. конф. «Информационные технологии – в науку и образование». Харьков, Украина, 21–22 марта 2005. 3. Бондаренко М. Ф., Чикина В. А., Шабанов-Кушнаренко Ю. П. Модели языка // Бионика интеллекта. 2004. №1 (61). С. 27–37. 4. Четвериков Г. Г. Алгебро-логічні засоби моделювання природної мови (Повідомлення 1) // Бионика интеллекта. №1 (61). 2004. — С. 42–45. 5. Зализняк А. А. Грамматический словарь русского языка. М.: Русский язык, 1977. — 879 с. 6. Грамматика русского языка. М.: АН СССР. В 3-х томах. 1960. 7. О мозгоподобных ЭВМ / М. Ф. Бондаренко, З. В. Дударь, И. А. Ефимова и др. // Радиоэлектроника и информатика. № 2. 2004. — С. 89–105. 8. Brainlike computing / Shabanov-Kushnarenko Yu., Obrizan V., Protsay N. and other // IEEE East-West design & test workshop - EWDTW'05. Odessa, Ukraine, September 15–19, 2005.

*Поступила в редколлегию 31.05.2005*