

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ В КОМАНДАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Криводубский О.А., Федоров Е.Е.
Донецкий национальный университет

Abstract

Krivodubsky O.A., Fedorov E.E. Object's formalization in the commands of an intellectual control system. For creation of a hardware-software part of the speech interface of an intellectual control system the formalization of the descriptions of objects which are included in a structure of commands (of the sentences in Russian) of a system is produced the lemmas of logic correlation of these descriptions and are formulated.

Постановка проблемы. В настоящее время одним из наиболее перспективных научных направлений является интеллектуализация систем управления. Разработка интеллектуальных систем управления неотъемлемо связана с общением оператора с компьютером на естественном языке. Современные информационные, поисковые, экспертные системы содержат в своем составе естественно-языковую компоненту.

Анализ исследований. В работах [1-2], посвященных анализу языка и речи, рассматриваются математические модели и методики, созданные для частных случаев.

Постановка задачи. Разработать методику формализации объектов, входящих в состав команд (предложений русского языка) интеллектуальной системы.

Основной материал. Произведено формирование множеств имен и признаков объектов, описанных с помощью правил грамматики и стилистики русского языка, сформулированы леммы логической взаимосвязи этих описаний.

Согласно [3-4], в любой команде системы управления могут быть выделены объекты и действия над ними. В качестве объекта рассматривается любое физическое тело, в качестве действия - операция, производимая над ним.

При формализованном описании i -го объекта применяется двойственное представление:

- а) O_i^{11} - в виде последовательности слов;
- б) O_i^{12} - в виде имени объекта и его признаков.

При первом описании, в соответствии с правилами морфологии, каждое слово \tilde{C}_i^1 представлено начальной формой \tilde{C}_{i1}^1 (например, для существительных слово находится в начальной форме, если у него именительный падеж и единственное число), именем части речи \tilde{C}_{i2}^1 (соответствует общепринятому в русском языке) и соответствующим этой части речи вектором морфологических признаков $\tilde{C}_{i3}^1 = \{\tilde{C}_{i3j}^1\}$. Принятое в работе обозначение имен частей речи приведено в табл.1, а морфологических признаков $\tilde{C}_{i31}^1 - \tilde{C}_{i39}^1$, приведено в табл.2-10.

Тогда описание объекта O_i^{11} в виде последовательности слов имеет вид

Таблица 1 Обозначение имен частей речи

Часть речи	существительное	прилагательное	числительное	местоимение	глагол	причастие	деепричастие	наречие	предлог	союз	частица
Обозначение	Y_1^1	Y_2^1	Y_3^1	Y_4^1	Y_5^1	Y_6^1	Y_7^1	Y_8^1	Y_9^1	Y_{10}^1	Y_{11}^1

Таблица 2 Обозначение

рода \tilde{C}_{i31}^1

Род	Обозначение
не определен	Z_{11}^1
мужской	Z_{12}^1
женский	Z_{13}^1
средний	Z_{14}^1

Таблица 3 Обозначение

числа \tilde{C}_{i32}^1

Число	Обозначение
не определено	Z_{21}^1
единственное	Z_{22}^1
множественное	Z_{23}^1

Таблица 4 Обозначение

формы \tilde{C}_{i34}^1

Форма	Обозначение
не определена	Z_{41}^1
полная	Z_{42}^1
краткая	Z_{43}^1

Таблица 5 Обозначение падежей \tilde{C}_{i33}^1

Падеж	имени- тельный	роди- тельный	датель- ный	винитель- ный	твори- тельный	пред- ложный	не опре- делен
Обозначение	Z_{31}^1	Z_{32}^1	Z_{33}^1	Z_{34}^1	Z_{35}^1	Z_{36}^1	Z_{37}^1

Таблица 6 Обозначение числительного \tilde{C}_{i35}^1

Тип числительного	Обозначение
количественное	Z_{51}^1
порядковое	Z_{52}^1

Таблица 7 Обозначение местоимения \tilde{C}_{i36}^1

Тип местоимения	Обозначение
указывает на предмет	Z_{61}^1
указывает на признак	Z_{62}^1
указывает на количество	Z_{63}^1

Таблица 8 Обозначение

лица \tilde{C}_{i37}^1

Лицо	Обозначение
не определено	Z_{71}^1
первое	Z_{72}^1
второе	Z_{73}^1
третье	Z_{74}^1

Таблица 9 Обозначение

времени \tilde{C}_{i38}^1

Время	Обозначение
не определено	Z_{81}^1
настоящее	Z_{82}^1
прошедшее	Z_{83}^1
будущее	Z_{84}^1

Таблица 10 Обозначение

наклонения \tilde{C}_{i39}^1

Наклонение	Обозначение
изъявительное	Z_{91}^1
повелительное	Z_{92}^1
условное	Z_{93}^1

$$O_i^{11} \subset \tilde{C}^1, \tilde{C}^1 = \{\tilde{C}_i^1\}, \tilde{C}_i^1 = \{\tilde{C}_{i1}^1, \tilde{C}_{i2}^1, \tilde{C}_{i3}^1\}, i \in \overline{1, \eta(C^1)} \quad (1)$$

где $\eta(C^1)$ - количество слов.

Соответственно определено множество описаний объектов команд системы управления

$$O^{11} = \{O_t^{11}\}, t \in \overline{1, \eta(O^1)}, \quad (2)$$

где $\eta(O^1)$ - количество объектов.

Рассмотрим в качестве примера предложение «Светло-красный слиток имеет примерно длину 40 см, ширину 45 см, высоту 50 см». Объектами в нем являются $O_1^{11} = \{\text{светло, красный, слиток}\}$, $O_2^{11} = \{\text{длина, 40, см}\}$, $O_3^{11} = \{\text{ширина, 45, см}\}$, $O_4^{11} = \{\text{высота, 50, см}\}$.

Второй вид формализации предусматривает, что каждое слово имеет свой синтаксический смысл и может обозначать имя объекта, его признак или количество.

Выделяя имя и признак объекта, необходимо рассматривать две составляющие представления слова – часть речи \tilde{C}_{i2}^1 и соответствующие ей морфологические признаки \tilde{C}_{i3j}^1 .

Для специализированного набора команд интеллектуальной системы, имеющей ограниченный (счетный) набор слов и словосочетаний, имя объекта E_s^{11} может быть представлено словом \tilde{C}_i^1 , признаковые части которого, как части речи, могут быть:

- существительным Y_1^1 ;
- местоимением Y_4^1 , указывающим на предмет Z_{61}^1 .

Соответствующая запись имени объекта представлена в виде

$$E_s^{11} = \tilde{C}_i^1, \text{ признаки } \tilde{C}_i^1 \text{ определены как } \begin{cases} \tilde{C}_{i2}^1 = Y_1^1 \\ \tilde{C}_{i2}^1 = Y_4^1, \tilde{C}_{i36}^1 = Z_{61}^1 \end{cases}, i \in \overline{1, \eta(C^1)}. \quad (3)$$

Тогда для команд конкретной интеллектуальной системы множество имен объектов имеет вид

$$E^{11} = \{E_s^{11}\}, s \in \overline{1, \eta(E^{11})}, \quad (4)$$

где $\eta(E^{11})$ - количество имен объектов.

В свою очередь признак (или количество) объекта F_s^{11} может быть представлен набором пар слов \tilde{C}_i^1 и \tilde{C}_j^1 , которые как части речи могут быть:

- прилагательным Y_2^1 , имеющим полную форму Z_{42}^1 , и наречием Y_8^1 ;
- числительным Y_3^1 , имеющим тип “количественное” Z_{51}^1 , и существительным Y_1^1 ;
- местоимением Y_4^1 , указывающим на количество Z_{62}^1 , и существительным Y_1^1 ;
- причастием Y_6^1 , имеющим полную форму Z_{42}^1 , и наречием Y_8^1 ;

- нареччями Y_8^1 ;

или словом \tilde{C}_i^1 , которос как часть речи может быть:

- числительным Y_3^1 , имеющим тип "порядковое" Z_{52}^1 ;

- местоимением Y_4^1 , указывающим на признак Z_{62}^1 .

Соответствующая запись признака объекта представлена в виде

$$F_s^{11} = (\tilde{C}_i^1, \tilde{C}_l^1), \text{ признаки } \tilde{C}_i^1 \text{ и } \tilde{C}_l^1 \text{ определены как } \begin{cases} \tilde{C}_{i2}^1 = Y_2^1, \tilde{C}_{i34}^1 = Z_{42}^1, \tilde{C}_{l2}^1 = Y_8^1 \\ \tilde{C}_{i2}^1 = Y_3^1, \tilde{C}_{i35}^1 = Z_{51}^1, \tilde{C}_{l2}^1 = Y_1^1 \\ \tilde{C}_{i2}^1 = Y_4^1, \tilde{C}_{i36}^1 = Z_{63}^1, \tilde{C}_{l2}^1 = Y_1^1, \\ \tilde{C}_{i2}^1 = Y_6^1, \tilde{C}_{i34}^1 = Z_{42}^1, \tilde{C}_{l2}^1 = Y_8^1 \\ \tilde{C}_{i2}^1 = Y_8^1, \tilde{C}_{l2}^1 = Y_8^1 \end{cases} \quad (5)$$

$$F_s^{11} = \tilde{C}_i^1, \text{ признаки } \tilde{C}_i^1 \text{ определены как } \begin{cases} \tilde{C}_{i2}^1 = Y_3^1, \tilde{C}_{i35}^1 = Z_{52}^1 \\ \tilde{C}_{i2}^1 = Y_4^1, \tilde{C}_{i36}^1 = Z_{62}^1 \end{cases}, i, l \in \overline{1, \eta(C^1)}.$$

Тогда для команд конкретной интеллектуальной системы множество признаков объектов имеет вид:

$$F^{11} = \{F_s^{11}\}, s \in \overline{1, \eta(F^{11})}, \quad (6)$$

где $\eta(F^{11})$ - количество признаков объектов.

Исходя из этого, сформировано общее правило описания объекта O_i^{12} в виде имени и признаков:

$$O_i^{12} \subset E^{11} \cup F^{11}. \quad (7)$$

Для совокупности команд системы управления множество описаний объектов определено как:

$$O^{12} = \{O_i^{12}\} \text{ или } O^{12} = E^{11} \cup F^{11}, i \in \overline{1, \eta(O^1)}, \quad (8)$$

где $\eta(O^1)$ - количество объектов.

Для приведенного выше примера $O_1^{12} = \{F_1^{11}, E_1^{11}\}$, $O_2^{12} = \{E_2^{11}, F_2^{11}\}$, $O_3^{12} = \{E_3^{11}, F_3^{11}\}$, $O_4^{12} = \{E_4^{11}, F_4^{11}\}$, где $F_1^{11} = \{\text{светло, красный}\}$, $F_2^{11} = \{40, \text{см}\}$, $F_3^{11} = \{45, \text{см}\}$, $F_4^{11} = \{50, \text{см}\}$, $E_1^{11} = \{\text{слиток}\}$, $E_2^{11} = \{\text{длина}\}$, $E_3^{11} = \{\text{ширина}\}$, $E_4^{11} = \{\text{высота}\}$.

Особенности письменного и устного русского языка, отраженные в голосовых командах (отданных при управлении процессами), предусматривают оба вида описаний объекта, представленных как отдельно, так и совместно, причем в понятийном смысле оператор системы управления воспринимает их как взаимное отображение этих видов описаний, т.е.

$$O_i^{11} \leftrightarrow O_i^{12}. \quad (9)$$

(10) Это нашло свое выражение в объединении принципов формализации (1) и (7) в виде

$$O_t^{13} = O_t^{11} \cup O_t^{12}. \quad (10)$$

Множество обобщенных описаний объектов команд системы управления:

$$O^{13} = \{O_t^{13}\}, t \in \overline{1, \eta(O^1)}. \quad (11)$$

Принцип формализации (10) является прямым отображением первых двух описаний объектов на их обобщенное описание, которое может быть закреплено в виде соответствующей аксиомы прямого отображения.

Аксиома прямого отображения:

Если объект может быть описан как последовательностью слов O_t^{11} , так и в виде имени и признаков O_t^{12} , то может быть сконструировано обобщенное описание объекта O_t^{13} , сочетающее оба эти вида

На основании этой аксиомы сформулирована лемма 1 конструирования обобщенного описаний объектов. Эта лемма предназначена для функционирования подсистемы обучения голосовым командам, предваряющей управление объектом.

Лемма 1

Если объект может быть описан как последовательностью слов $O_t^{11} \subset \tilde{C}^1$, так и в виде имени и признаков $O_t^{12} \subset E^{11} \cup F^{11}$, то может быть сконструировано обобщенное описание объекта $O_t^{13} = O_t^{11} \cup O_t^{12}$, сочетающее оба эти вида.

Аналогично сформулирована аксиома обратного отображения.

Аксиома обратного отображения:

Если описание объекта задано в обобщенном виде O_t^{13} и в виде последовательности слов O_t^{11} (или имени и признаков O_t^{12}), то из обобщенного описания O_t^{13} может быть сконструировано описание в виде имени и признаков O_t^{12} (или последовательности слов O_t^{11})

На основании этой аксиомы сформулированы леммы 2 и 3 конструирования объектов в виде имен и признаков и в виде последовательности слов. Эти леммы предназначены для функционирования подсистемы распознавания в процедурах синтеза и анализа речевых команд соответственно.

Лемма 2

Если описание объекта задано в обобщенном виде $O_t^{13} = O_t^{11} \cup O_t^{12}$, т.е. $(O_t^{13} \subset \tilde{C}^1) \wedge (O_t^{13} \subset E^{11} \cup F^{11})$, и в виде последовательности слов $O_t^{11} \subset \tilde{C}^1$, то из обобщенного описания O_t^{13} может быть сконструировано описание в виде имени и признаков $O_t^{12} \subset E^{11} \cup F^{11}$.

Лемма 3

Если описание объекта задано в обобщенном виде $O_i^{13} = O_i^{11} \cup O_i^{12}$, т.е. $(O_i^{13} \subset \tilde{C}^1) \wedge (O_i^{13} \subset E^{11} \cup F^{11})$, и в виде имени и признаков $O_i^{12} \subset E^{11} \cup F^{11}$, то из обобщенного описания O_i^{13} может быть сконструировано описание в виде последовательности слов $O_i^{11} \subset \tilde{C}^1$.

Согласно требованию детерминизма формальных имен в базе данных интеллектуальной системы и целесообразности установления взаимосвязей между ними, вводятся дополнительные обозначения в виде следующих предикатов:

r_1 обозначает часть речи:

$r_1(l,1) = (\tilde{C}_{l2}^1 = Y_1^1)$ - существительное, $r_1(l,2) = (\tilde{C}_{l2}^1 = Y_2^1)$ - прилагательное,

$r_1(l,3) = (\tilde{C}_{l2}^1 = Y_3^1)$ - числительное, $r_1(l,4) = (\tilde{C}_{l2}^1 = Y_4^1)$ - местоимение,

$r_1(l,6) = (\tilde{C}_{l2}^1 = Y_6^1)$ - причастие, $r_1(l,8) = (\tilde{C}_{l2}^1 = Y_8^1)$ - наречие,

r_2 - морфологические признаки:

$r_2(l,4,1) = (\tilde{C}_{l34}^1 = Z_{41}^1)$ - полная форма, $r_2(l,5,1) = (\tilde{C}_{l35}^1 = Z_{51}^1)$ - количественное числительное, $r_2(l,5,2) = (\tilde{C}_{l35}^1 = Z_{52}^1)$ - порядковое числительное,

$r_2(l,6,2) = (\tilde{C}_{l36}^1 = Z_{62}^1)$ - местоимение указывает на признак,

$r_2(l,6,3) = (\tilde{C}_{l36}^1 = Z_{63}^1)$ - местоимение указывает на количество,

r_3 - совпадение морфологических признаков:

$r_3(l,n,1) = (\tilde{C}_{l31}^1 = \tilde{C}_{n31}^1)$ - совпадение рода обоих слов,

$r_3(l,n,2) = (\tilde{C}_{l32}^1 = \tilde{C}_{n32}^1)$ - совпадение числа обоих слов,

$r_3(l,n,3) = (\tilde{C}_{l33}^1 = \tilde{C}_{n33}^1)$ - совпадение падежа обоих слов,

r_4 - непротиворечивые словосочетания:

$r_4(l,n) = (\{\tilde{C}_{l1}^1, \tilde{C}_{n1}^1\} \in S_1^1)$ - непротиворечивое словосочетание, где множество S_1^1 содержит непротиворечивые словосочетания,

r_5 - связь слова с объектом:

$r_5(l,t,1) = (\tilde{C}_{l1}^1 \in O_t^{11})$ - слово входит в описание объекта,

r_6 - связь словосочетания с объектом:

$r_6(l,n,t,1) = (\tilde{C}_{l1}^1 \cup \tilde{C}_{n1}^1 \in O_t^{11})$ - словосочетание входит в описание объекта,

r_7 - единицу измерения:

$r_7(l) = (\tilde{C}_l^1 \in M^1)$ - слово описывает единицу измерения, где множество M^1 содержит описание единиц измерения

Кроме перечисленных правил, определяющих описание объектов команд системы управления с помощью морфологических правил, существуют известные наборы синтаксических правил русского языка, на основании которых могут быть сформулированы

леммы 1.1-1.7. Опираясь на эти леммы и алгебру предикатов, сформированы правила взаимосвязи R1.1-R1.7.

Леммы логической взаимосвязи имени и признака объекта

Если для двух слов с индексами l и n ,

1.1

одно из которых существительное, а другое прилагательное в полной форме, совпадает род, число и падеж, их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R1.1: r_1(l,1) \wedge r_1(n,2) \wedge r_2(n,4,1) \wedge r_3(l,n,1) \wedge r_3(l,n,2) \wedge r_3(l,n,3) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_5(n,t,1)$$

1.2

одно из которых существительное, а другое количественное числительное, их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R1.2: r_1(l,1) \wedge r_1(n,3) \wedge r_2(n,5,1) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_5(n,t,1)$$

1.3

одно из которых существительное, а другое порядковое числительное, совпадает род, число и падеж, их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R1.3: r_1(l,1) \wedge r_1(n,3) \wedge r_2(n,5,2) \wedge r_3(l,n,1) \wedge r_3(l,n,2) \wedge r_3(l,n,3) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_5(n,t,1)$$

1.4

одно из которых существительное, а другое местоимение (указывает на признак), совпадает род, число и падеж, их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R1.4: r_1(l,1) \wedge r_1(n,4) \wedge r_2(n,6,3) \wedge r_3(l,n,1) \wedge r_3(l,n,2) \wedge r_3(l,n,3) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_5(n,t,1)$$

1.5

одно из которых существительное, а другое местоимение (указывает на количество), их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R1.5: r_1(l,1) \wedge r_1(n,4) \wedge r_2(n,6,3) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_5(n,t,1)$$

1.6

одно из которых существительное, а другое причастие в полной форме, совпадает род, число и падеж, их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R1.6: r_1(l,1) \wedge r_1(n,6) \wedge r_2(n,4,1) \wedge r_3(l,n,1) \wedge r_3(l,n,2) \wedge r_3(l,n,3) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_5(n,t,1)$$

1.7

одно из которых существительное, а другое наречие, их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R1.7: r_1(l,1) \wedge r_1(n,8) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_5(n,t,1)$$

Аналогично для закрепления взаимоотношений между признаками объекта введены леммы 2.1-2.5. Опираясь на эти леммы и алгебру предикатов, сформированы правила взаимосвязи R1.1-R1.7.

Леммы логической взаимосвязи двух признаков объекта

Если для двух слов с индексами l и n ,

2.1

одно из которых прилагательное в полной форме, а другое наречие, их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R2.1: r_1(l,2) \wedge r_2(l,4,1) \wedge r_1(n,8) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_6(l,n,t,1)$$

2.2

одно из которых причастие в полной форме, а другое наречие, их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R2.2: r_1(l,6) \wedge r_2(l,4,1) \wedge r_1(n,8) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_6(l,n,t,1)$$

2.3

которые являются наречиями, их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R2.3: r_1(l,8) \wedge r_1(n,8) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t) \rightarrow r_6(l,n,t)$$

2.4

одно из которых количественное числительное, а другое существительное (единица измерения), их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R2.4: r_1(l,3) \wedge r_2(l,5,1) \wedge r_1(n,1) \wedge r_7(n) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_6(l,n,t,1)$$

2.5

одно из которых местоимение (указывает на количество), а другое существительное (единица измерения), их сочетание непротиворечиво, и l -е слово связано с описанием t -го объекта, то n -е тоже связано с t -м объектом и справедливо логическое правило

$$R2.5: r_1(l,4) \wedge r_2(l,6,3) \wedge r_1(n,1) \wedge r_7(n) \wedge r_4(l,n) \wedge r_5(l,t,1) \rightarrow r_6(l,n,t,1)$$

Таким образом, при формальном описании объектов, фигурирующих в командах системы управления, сформированы их двойственные представления - в виде последовательности слов и в виде имени и признаков, а для закрепления финитных взаимоотношений и логических взаимосвязей в базе данных сформулированы леммы и соответствующие им логические правила

Выводы и перспективы. В данной работе для ограниченного набора команд интеллектуальной системы произведено формирование имен и признаков описаний объектов, сформулированы леммы логической взаимосвязи описаний объектов. Основные положения данной работы могут быть реализованы в интеллектуальной системе в виде алгоритмов, обеспечивающих общение с пользователем на естественном языке.

Литература

1. Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. Основы теории и технологии. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 300 с.
2. Шабанов-Кушнаренко Ю.П. Теория интеллекта. Технические средства. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 136 с.
3. Кисленко Ю.І. Поліпредикатна інтерпретація однорідних членів речення // Искусственный интеллект. – 2002. - С.226-235.
4. Кандрашина Е.Ю., Литвинцева Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1989. – 328 с.