Transaction of Azerbaijan National Academy of Sciences, Series of Physical-Technical and Mathematical Sciences: Informatics and Control Problems, Vol. XXXIII, No.6, 2013
www.science.az/cyber/journal/2013/6-15.pdf

УДК 004.93:159.95

О.В. БИСИКАЛО

ПОДДЕРЖКА ОГРАНИЧЕННЫХ ТИПОВ ДИАЛОГА НА ОСНОВЕ ФОРМАЛЬНОЙ ТЕОРИИ

Рассматривается задача поддержки трех ограниченных типов диалога с помощью прикладной теории первого порядка. Использование введенного понятия терма в ассоциативной нормальной форме позволяет доказать 3 полезные теоремы. Лингвистическую интерпретацию полученных результатов обеспечивает модель формальной теории в виде коммутативной полугруппы образных конструкций. Приведенные примеры демонстрируют интуитивную понятность построения вопросов и ответов к естественно-языковым предложениям на русском и английском языках.
Ключевые слова: ассоциативная пара, формальная теория, граф, образная конструкция, модель

1. Введение. Актуальность разработки математических моделей и методов поддержки интерактивного взаимодействия человек-компьютер подтверждается основными тенденциями развития современных информационных технологий, включая *Semantic WEB*. Важность обеспечения диалога между человеком и машиной демонстрирует термин *AI*-полная задача, присвоенный известному тесту Тьюринга на интеллектуальность искусственных систем [1, с.433]. Многозначность естественных языков пока еще остается непреодолимым барьером для алгоритмов поддержки универсальных вопрос-ответных систем, поэтому актуальным является построение моделей для решения частных задач диалога, ограниченных функциональными возможностями и математическими формализмами [2, с.10].

В работе [3, с.30-32] предложен подход к обеспечению нескольких ограниченных типов диалога на основе формализации понятия образного смысла и ассоциативного образного поиска. К числу таких возможных ограничений будем относить:

- «дельфийский оракул» – ответ представлен в виде множества слов, ассоциативно связанных с вопросом;
- «магистр Йода» – ответом является цитата из литературного произведения, связанная с вопросом по смыслу;
- «*Basic English*» – слова ответа составляют только смысловой каркас без строгого соответствия морфологическим и синтаксическим правилам соединения слов предложения.

С формальной точки зрения решение подобных задач представляет собой нахождение частных решений класса *NP*-полных задач исходя из введенной системы ограничений на многозначность каждого слова предложения. Ключевым ограничением является понятие языкового образа (ЯО) – это множество однокоренных слов, характеризирующих отдельный образ исходя из морфемной классификации – такое понятие обобщает словарную статью или лексему [4, с.135-136], в форме которых задаются понятия в онтологии. Актуальным представляется построение математического аппарата, способного на основе данных про ЯО и синтаксические связи одного предложения поддержать рассмотренные ограниченные виды диалога.

2. Постановка задачи. Пусть для каждого предложения некоторого текста известны синтаксические связи между всеми значимыми словами и соответствующие этим словам ЯО. Значимыми считаются слова, принадлежащие 4-м частям речи – существительные, глаголы, прилагательные и наречия. Необходимо построить формальную теорию, позволяющую на уровне модели обеспечить поддержку диалога типа «*Basic English*» для каждого предложения текста.

3. Методы решения. Зададим формальную теорию Th как прикладную теорию первого порядка на основе известных результатов теории формальных систем [5, с.139-145, 176-182] с учетом ограничений предложенного понятия образного смысла естественно-языковых (ЕЯ) конструкций [6, с.70-71].

1. Введем конечный алфавит из символов, которые будут использоваться в дальнейшем как обозначения:

a) $Al = \{A, B, ..., Z, x_1, x_2, ..., x_n, t_1, t_2, t_3\}$ – переменных;

b) $Con = \{\varnothing, 1, ..., n\}$ – констант;

c) $\{\backslash, \oplus\}$ – символов бинарных операций, определения которых дадим ниже;

d) $\{=\}$ – бинарного предикатного символа «равно» в теоретико-множественном значении;

e) $\{\neg, \rightarrow, \forall\}$ – логических связок и кванторов, где $\neg$ – отрицание (не), $\rightarrow$ – логическое следование (если …, то …), $\forall$ – квантор общности;

f) скобок «(», «)» и запятой «,».

В соответствии с формализованным понятием образного смысла ЕЯ конструкций [1] будем полагать, что символы из c) обозначают:

$\backslash$ – связь между двумя образами в ассоциативной паре $\omega \in \Omega$, интерпретируемая в дальнейшем в лингвистическом значении;

$\oplus$ – операция объединения образных конструкций «PLUS OK».

2. Определим процедуры построения термов (строк символов) и формул (допустимых выражений) формальной теории Th. Термы получаем с помощью процедуры конкатенации символов алфавита:

a. $<Терм>::= x_\mathrm{i}\, j \mid x_i \in Al,\, j \in Con$;

$<Терм>::=<Терм><Терм>$.

Обозначим буквами $t_1, t_2, t_3 \in Al$ следующим образом построенные термы в ассоциативной нормальной форме (АНФ)

$<АНФ\omega>::= x_i \backslash x_j \mid x_i, x_j \in Al$;

$<АНФтерм>::=<АНФ\omega>$;

$<АНФтерм>::=<АНФтерм> \oplus <АНФтерм>$,

где $<АНФ\omega>$ будем называть элементарным термом в АНФ.

b. Для упрощения восприятия буквами $A, B, ..., Z \in Al$ отдельно обозначим построенные так формулы

$<Формула>::=<АНФтерм>$;

$<Формула>::=(<Формула>)$;

$<Формула>::=\neg<Формула>$;

$<Формула>::=<Формула>\rightarrow<Формула>$;

$<Формула>::=(\forall x)<Формула>$.

Для удобства использования в состав алфавита теории Th введем еще 3 логические связки, квантор и функциональный символ

$A \,\&\, B ::= \neg(A \rightarrow \neg B)$;

$A \vee B ::= \neg A \rightarrow B$;

$A \Leftrightarrow B ::= (A \rightarrow B) \,\&\, (B \rightarrow A)$;

$(\exists x)(A) ::= \neg(\forall x)(\neg A)$;

$x_i \times x_j ::= (x_i \backslash x_j) \oplus (x_j \backslash x_i)$,

где $\&$ – логическое «И», $\vee$ – логическое «ИЛИ», $\Leftrightarrow$ – тогда и только тогда, $\exists$ – квантор существования, $\times$ – прикладной функциональный символ, определение которого будет дано ниже через символ $\backslash$. В дальнейшем формулу A, в которой переменная $x_i \in Al$ или терм t_1 связаны одним из кванторов, будем обозначать как $A(x_i)$ либо $A(t_1)$.

Transaction of Azerbaijan National Academy of Sciences, Series of Physical-Technical and Mathematical Sciences: Informatics and Control Problems, Vol. XXXIII, No.6, 2013
www.science.az/cyber/journal/2013/6-15.pdf

3. Выделим множество формул, которые будем считать схемами аксиом.

Логические аксиомы (3.1–3.3 – исчисления высказываний, 3.4–3.5 – исчисления предикатов первого порядка):

3.1. $A \to (B \to A)$.

3.2. $(A \to (B \to C)) \to ((A \to B) \to (A \to C))$.

3.3. $(\neg B \to \neg A) \to ((\neg B \to A) \to B)$.

3.4. $\forall x_i A(x_i) \to A(t_1)$ [где $A(x_i)$ – формула из Th и t_1 – терм из Th, свободный для x_i в $A(x_i)$].

3.5. $\forall x_i (A \to B) \to (A \to \forall x_i B)$ [при условии, что формула *A* не содержит свободных вхождений x_i].

Собственные аксиомы (3.6–3.11 – аксиомы коммутативной полугруппы, 3.12–3.15 – прикладные аксиомы (продукции) теории):

3.6. $\forall t_1 \forall t_2 \forall t_3 (t_1 \oplus (t_2 \oplus t_3) = (t_1 \oplus t_2) \oplus t_3)$ (ассоциативность).

3.7. $\forall t_1 (t_1 = t_1)$ (рефлективность).

3.8. $\forall t_1 \forall t_2 (t_1 = t_2 \to t_2 = t_1)$ (симметричность).

3.9. $\forall t_1 \forall t_2 \forall t_3 (t_1 = t_2 \to (t_2 = t_3 \to t_1 = t_3))$ (транзитивность).

3.10. $\forall t_1 \forall t_2 \forall t_3 (t_2 = t_3 \to (t_1 \oplus t_2 = t_1 \oplus t_3) \,\&\, (t_2 \oplus t_1 = t_3 \oplus t_1))$ (подстановка).

3.11. $\forall t_1 \forall t_2 (t_1 \oplus t_2 = t_2 \oplus t_1)$ (коммутативность).

3.12. $\forall x_i, x_j, x_k (x_i j x_k \to x_j \setminus x_i \oplus x_k)$ (преобразование строки в термы в АНФ).

3.13. $\forall x_i, x_j (x_i j \to x_j \setminus x_i)$ (конечное преобразование строки в терм в АНФ).

3.14. $\forall x_i, x_j (x_i \setminus x_j \oplus x_i \setminus x_j \to x_i \setminus x_j)$ (сокращение терма в АНФ).

3.15. $\forall t \quad (t \to (\varnothing \oplus t) \vee (t \oplus \varnothing))$ (объединение терма с пустым множеством $\varnothing$).

4. Определим конечное множество правил вывода, позволяющих получить с некоторого конечного множества формул другое множество формул

$A, A \to B \mapsto B$ *«Modus ponens»*,

$A \mapsto (\forall t) A$ *«правило обобщения»*,

где $\Gamma \mapsto A$ означает, что *A* есть следствием множества формул *Г*.

Кроме теорем формальной теории предикатов первого порядка, в теории Th справедливы следующие собственные теоремы:

Теорема 1. $<Терм> \to <АНФтерм>$.

Доказательство индукцией по длине вывода $B_1, B_2, ..., B_k = B$:

а) $<Терм>$ – гипотеза;

б) $x_1 j$ – база индукции: исходя из 1-го определения терма (2.а.);

в) $x_j \setminus x_1$ – 3.13 к б);

г) $<АНФтерм>$ – согласно 1-му определению терма в АНФ;

д) $x_1 j x_2 i$ – или исходя из 2-го определения терма;

е) $x_j \setminus x_1 \oplus x_2 i$ – 3.12 к д);

ж) $x_j \setminus x_1 \oplus x_i \setminus x_2$ – 3.13 к е);

з) $<АНФтерм>$ – согласно 2-му определению терма в АНФ;

и) $\underbrace{x_1 j x_2 i ...}_{k-1} x_k l$ – индукционный переход: исходя из 2-го определения терма;

Transaction of Azerbaijan National Academy of Sciences, Series of Physical-Technical and Mathematical Sciences: Informatics and Control Problems, Vol. XXXIII, No.6, 2013
www.science.az/cyber/journal/2013/6-15.pdf

к) $<АНФтерм> \oplus x_k l$ – 3.12 к и) *k-1* раз;

л) $<АНФтерм> \oplus x_l \setminus x_k$ – 3.13 к к);

м) $<АНФтерм>$ – согласно 2-му определению терма в АНФ.

Теорема 2. $<АНФтерм> \to <АНФq> \oplus <АНФ?> \oplus <АНФa>$,

где $<АНФ\omega> = x_i \setminus x_j \mid x_i, x_j \in Al$ для удобства использования обозначим как $<АНФ?>$;

$<АНФa>$ – все элементарные термы из $<АНФтерм>$, в которых символ x_j является первым (например, $<АНФ\omega> = x_j \setminus x_k$, где $k \in Con$), затем рекурсивно вставляется следующий символ по принципу поиска в глубину в дереве графа, но, если в рекурсии находится $<АНФ?> = x_j \setminus x_i$, то эта ветвь поиска на этом прерывается (символ x_i и все следующие за ним не учитываются);

$<АНФq>$ – все остальные за исключением $<АНФ?> \oplus <АНФa>$ элементарные термы, составляющие $<АНФтерм>$.

Доказательство по всем возможным вариантам построения терма в АНФ:

а) $<АНФтерм>$ – гипотеза;

б) $x_i \setminus x_j \mid x_i, x_j \in Al$ – элементарный вариант: в соответствии с 1-м определением терма в АНФ;

в) $<АНФ?>$ – по определению в теореме 2;

г) $\varnothing \oplus <АНФ?> \oplus \varnothing$ – 3.15 к в) дважды;

д) $<АНФq> \oplus <АНФ?> \oplus <АНФa>$ – при условии $<АНФq> = \varnothing, <АНФa> = \varnothing$;

е) $x_j \setminus x_1 \oplus <АНФ?>$ – первое возможное усложнение варианта б) согласно 2-му определению терма в АНФ;

ж) $<АНФ?> \oplus x_j \setminus x_1$ – 3.11 к е);

з) $<АНФ?> \oplus <АНФa>$ – при условии $<АНФa> = x_j \setminus x_1$;

и) $\varnothing \oplus <АНФ?> \oplus <АНФa>$ – 3.15 к з);

к) $<АНФq> \oplus <АНФ?> \oplus <АНФa>$ – при условии $<АНФq> = \varnothing$;

л) $x_1 \setminus x_i \oplus <АНФ?>$ – второе возможное усложнение варианта б) согласно 2-му определению терма в АНФ;

м) $<АНФq> \oplus <АНФ?>$ – при условии $<АНФq> = x_1 \setminus x_i$;

н) $<АНФq> \oplus <АНФ?> \oplus \varnothing$ – 3.15 к м);

о) $<АНФq> \oplus <АНФ?> \oplus <АНФa>$ – при условии $<АНФa> = \varnothing$;

п) $<АНФa> \oplus x_j \setminus x_2 \oplus x_1 \setminus x_3$ – снимаем условие $<АНФa> = x_j \setminus x_1$ для з) согласно 2-му определению терма в АНФ;

р) $<АНФa>$ – по определению $<АНФa>$ в теореме 2;

с) $<АНФq> \oplus x_2 \setminus x_i \oplus x_3 \setminus x_1$ – снимаем условие $<АНФq> = x_1 \setminus x_i$ для м) согласно 2-му определению терма в АНФ;

т) $<АНФq>$ – по определению $<АНФq>$ в теореме 2, а именно тогда, когда терм в АНФ $x_2 \setminus x_i \oplus x_3 \setminus x_1 \oplus <АНФ?> \oplus <АНФa>$ не допускает сокращения согласно с аксиомой 3.14.

Теорема 3. $<АНФa^j> \to <АНФa_1^j> \oplus <АНФa_2^j>$,

где $<АНФa^j>$ – поддеревья элементарных термов, соответствующие условиям теоремы 2 и для которых символ x_j является корневым;

$< АНФa_1^j >$ та $< АНФa_2^j >$ – элементарные термы, соответствующие принципу построения $< АНФa^j >$, но найденные в двух различных термах $< АНФтерм_1 >$ и $< АНФтерм_2 >$.

Доказательство по всем возможным вариантам построения терма $< АНФa^j >$ из термов $< АНФтерм_1 >$ и $< АНФтерм_2 >$:

а) $< АНФa^j >$ – гипотеза;

б) $< АНФa_1^j >$ – при условии наличия $< АНФ\omega >= x_j \setminus x_k$, где $k \in Con$ в составе $< АНФтерм_1 >$;

в) $< АНФa_1^j > \oplus \varnothing$ – 3.15 к б);

г) $< АНФa_1^j > \oplus < АНФa_2^j >$ – при условии $< АНФa_2^j >= \varnothing$ и отсутствия $< АНФ\omega >= x_j \setminus x_k$, где $k \in Con$ в составе $< АНФтерм_2 >$;

д) $< АНФa_1^j > \oplus < АНФa_2^j >$ – при условии наличия $< АНФ\omega >= x_j \setminus x_k$, где $k \in Con$ в составе $< АНФтерм_2 >$;

е) $< АНФa_2^j >$ – при условии наличия $< АНФ\omega >= x_j \setminus x_k$, где $k \in Con$ в составе $< АНФтерм_2 >$;

ж) $\varnothing \oplus < АНФa_2^j >$ – 3.15 к е);

з) $< АНФa_1^j > \oplus < АНФa_2^j >$ – при условии $< АНФa_1^j >= \varnothing$ и отсутствия $< АНФ\omega >= x_j \setminus x_k$, где $k \in Con$ в составе $< АНФтерм_1 >$;

и) $< АНФa_1^j > \oplus < АНФa_2^j >$ – при условии наличия $< АНФ\omega >= x_j \setminus x_k$, где $k \in Con$ в составе $< АНФтерм_1 >$.

Рассмотрим модель формальной теории Th как коммутативную полугруппу образных конструкций. При лингвистической интерпретации модели будем считать, что функциональные символы обозначают следующие связи между двумя ЯО [7, с.2]: $\setminus$ – связь «главный-подчиненный», $\times$ – связь типа «подлежащее-сказуемое». Под термом будем понимать образную конструкцию простого предложения, а под формулой теории – образный аналог логического ЕЯ выражения. Буквами $x_1, x_2,..., x_n$ будем обозначать отдельные ЯО из множества $I = \{x_1, x_2,..., x_n\}$, буквами t_1, t_2, t_3 – термы в АНФ, $A, B,..., X$ – формулы, Y – неизвестное подлежащее (объект действия), Z – неизвестное сказуемое (метод). Элементарный терм в АНФ $< АНФ\omega > \mid < АНФ? >$ будем называть ассоциативной парою образов, где $\mid$ – обозначение оператора ИЛИ в нотации Бекуса-Наура. Термы или образные конструкции создаются из ЕЯ предложений на основе такого *правила 1*: предложения из k слов преобразовываются в строки из $2 \cdot k$ символов, где каждому i-му слову предложения соответствует ЯО $x_i \in Al$, а после него записывается $j \in Con$ как указатель на другой ЯО x_j этого предложения, который является главным к подчиненному образу x_i. Если в предложении встречаются однородные члены, то возможны случаи $(x_1 \& x_2) j \to x_j \setminus x_1 \oplus x_j \setminus x_2$ или

$$(x_1 \& x_2) j \oplus < АНФтерм > \oplus x_j \setminus x_1 \to$$

$$x_j \setminus x_1 \oplus x_j \setminus x_2 \oplus < АНФтерм > \oplus x_1 \setminus x_j \oplus x_2 \setminus x_j.$$

Ограничения предложенной модели:

Transaction of Azerbaijan National Academy of Sciences, Series of Physical-Technical and Mathematical Sciences: Informatics and Control Problems, Vol. XXXIII, No.6, 2013
www.science.az/cyber/journal/2013/6-15.pdf

• естественно-языковые предложения обязательно содержат и подлежащее и сказуемое, в противном случае их искусственно вводят с помощью символов Y и/или Z;

• *правило 1* применяется только к значимым словам предложения, для которых установлено соответствие с языковыми образами, а разделительные знаки, предлоги и служебные слова не учитываются.

В рамках модели доказанные теоремы формальной теории Th получают следующую лингвистическую интерпретацию:

Теорема 1. Любой терм, соответствующий ЕЯ предложению и созданный на основе *правила 1*, можно представить как терм в АНФ: $<Терм>\to<АНФтерм>$.

Теорема 2. Если в ЕЯ предложении, представленном в виде терма в АНФ $<АНФтерм>$ считать любую ассоциативную пару $<АНФ?>=x_i\setminus x_j$ вопросительным местоимением, связывающим ЯО x_i и x_j, то все непосредственно зависимые от этой пары элементарные термы в АНФ составят ответ $<АНФa>$ на данный вопрос к ЯО x_j, а все другие элементарные термы из $<АНФтерм>$ – соответствующее вопросительное предложение $<АНФq>$. Таким образом:

$$<АНФтерм>\to<АНФq>\oplus<АНФ?>\oplus<АНФa>.$$

Теорема 3. Ответ $<АНФa_1^j>$ на вопрос $<АНФ?>=x_i\setminus x_j$ к ЯО x_j по одному предложению $<АНФтерм_1>$ можно дополнить частью другого предложения $<АНФтерм_2>$ в виде $<АНФa_2^j>$ при условии существования $<АНФ\omega>=x_j\setminus x_k$, где $k\in Con$ в составе $<АНФтерм_2>$.

Для удобства применения модели формальной теории Th в лингвистических приложениях введем *правило 2*:

$<АНФтерм>::=<\underline{АНФ?}><tQ>?<tA>$, где

$<\underline{АНФ?}>$ – вопросительное местоимение, соответствующее паре $<АНФ?>$;

$$<tQ>::=(x_i\,|<АНФq>=\varnothing)\ \big|\ (x_ix_l...x_mx_k\,|<АНФq>=x_i\setminus x_l\oplus...\oplus x_m\setminus x_k);$$

$$<tA>::=(x_j\,|<АНФa>=\varnothing)\ \big|\ (x_jx_l...x_mx_k\,|<АНФa>=x_j\setminus x_l\oplus...\oplus x_m\setminus x_k);$$

? – дополнительный знак, обозначающий окончание вопросительной части $<АНФтерм>$.

Полученные для $<tQ>$ и $<tA>$ строки символов $x_ix_l...x_mx_k$ переписываются путем изъятия слева направо ранее встречавшихся символов. Формально для второго символа $x_1x_2\to([x_2=x_1]x_1,x_1x_2)$ и т.д., а для *к*-го символа:

$$x_1x_2...x_k\to([x_k=x_1\,|\,x_k=x_2\,|...|\,x_k=x_{k-1}]x_1x_2...x_{k-1},x_1x_2...x_k).$$

Аналогично, с целью удобного восприятия сложного ответа на вопрос в соответствии Теоремой 3 и с учетом *правила 2*, введем *правило 3:*

$$<АНФтерм>::=<\underline{АНФ_1^j?}><tQ_1^j>?<tA_1^j>THAT<tA_2^j>,$$

где, в отличии от *правила 2*, строка дополнительной части ответа не содержит ЯО x_j –

$$<tA_2^j>::=(x_l...x_mx_k\,|<АНФa>=x_j\setminus x_l\oplus...\oplus x_m\setminus x_k).$$

С целью демонстрации возможностей коммутативной полугруппы образных конструкций как модели формальной теории Th рассмотрим 2 примера предложений на русском и английском языках.

Пример 1: Забытую песню несет ветерок (в) задумчивых травах звеня ($x_1x_2x_3x_4x_5x_6x_7$).

Согласно с *правилом 1* строим терм

$x_12x_23x_34x_43x_56x_67x_73$;

продукция 3.12 к подстроке $x_1 2 x_2$ приводит к

$x_2 \setminus x_1 \oplus x_2 3 x_3 4 x_4 3 x_5 6 x_6 7 x_7 3$;

продукция 3.12 к подстроке $x_2 3 x_3$ приводит к

$x_2 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_3 4 x_4 3 x_5 6 x_6 7 x_7 3$;

продукция 3.12 к подстроке $x_3 4 x_4$ приводит к

$x_2 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_4 \setminus x_3 \oplus x_4 3 x_5 6 x_6 7 x_7 3$;

продукция 3.12 к подстроке $x_4 3 x_5$ приводит к

$x_2 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_4 \setminus x_3 \oplus x_3 \setminus x_4 \oplus x_5 6 x_6 7 x_7 3$;

продукция 3.12 к подстроке $x_5 6 x_6$ приводит к

$x_2 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_4 \setminus x_3 \oplus x_3 \setminus x_4 \oplus x_6 \setminus x_5 \oplus x_6 7 x_7 3$;

продукция 3.12 к подстроке $x_6 7 x_7$ приводит к

$x_2 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_4 \setminus x_3 \oplus x_3 \setminus x_4 \oplus x_6 \setminus x_5 \oplus x_7 \setminus x_6 \oplus x_7 3$;

продукция 3.13 к подстроке $x_7 3$ приводит к

$x_2 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_4 \setminus x_3 \oplus x_3 \setminus x_4 \oplus x_6 \setminus x_5 \oplus x_7 \setminus x_6 \oplus x_3 \setminus x_7$ – получен терм в АНФ.

Таким образом, начальная ЕЯ конструкция в АНФ выглядит так:

песню \ забытую $\oplus$
несет \ песню $\oplus$
ветерок \ несет $\oplus$
несет \ ветерок $\oplus$
травах \ задумчивых $\oplus$
звеня \ травах $\oplus$
несет \ звеня .

На рис. 1 представлено дерево графа предложения с выделением 2-х ассоциативных пар.

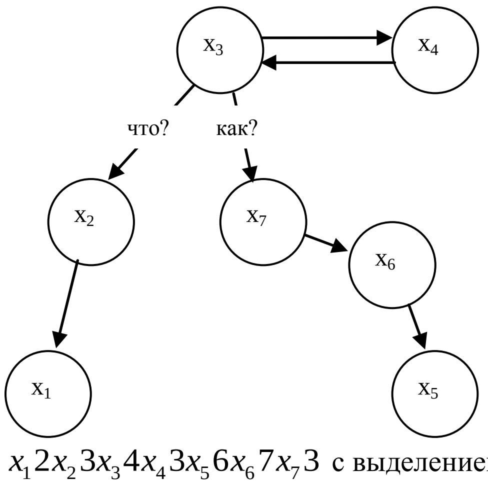

Рис. 1. Дерево графа терма $x_1 2 x_2 3 x_3 4 x_4 3 x_5 6 x_6 7 x_7 3$ с выделением ассоциативных пар $x_3 \setminus x_2$ и $x_3 \setminus x_7$

Обозначим $< АНФ? >::= x_3 \setminus x_2$ словом <<u>что?</u>>. В соответствии с теоремой 2 $< АНФa > \rightarrow x_2 \setminus x_1$, $< АНФq > \rightarrow x_4 \setminus x_3 \oplus x_3 \setminus x_4 \oplus x_6 \setminus x_5 \oplus x_7 \setminus x_6 \oplus x_3 \setminus x_7$. Тогда, согласно с *<u>правилом 2</u>*, $< tA > \rightarrow x_2 x_1$, а $< tQ > \rightarrow x_3 x_4 x_7 x_6 x_5$. В результате получаем следующую интерпретацию:

<u>что?</u> несет ветерок звеня задумчивых травах ? песню забытую.

Теперь обозначим $< АНФ? >::= x_3 \setminus x_7$ словом <<u>как?</u>>. В соответствии с теоремой 2 $< AH\Phi a > \to x_7 \setminus x_6 \oplus x_6 \setminus x_5$,

$< AH\Phi q > \to x_4 \setminus x_3 \oplus x_3 \setminus x_4 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_2 \setminus x_1$. Тогда, согласно с *правилом 2*,

$< tA > \to x_7 x_6 x_5$, а $< tQ > \to x_3 x_4 x_2 x_1$. В данном случае получаем следующий результат:

как? несет ветерок песню забытую ? звеня задумчивых травах.

Пример 2: (A) wise old owl lived (in) (an) oak

Согласно с *правилом 1* строим терм

$(x_1 \& x_2)3x_3 4x_4 3x_5 4 \to x_1 3x_2 3x_3 4x_4 3x_5 4$;

продукция 3.12 к подстроке $x_1 3x_2$ приводит к

$x_3 \setminus x_1 \oplus x_2 3x_3 4x_4 3x_5 4$;

продукция 3.12 к подстроке $x_2 3x_3$ приводит к

$x_3 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_3 4x_4 3x_5 4$;

продукция 3.12 к подстроке $x_3 4x_4$ приводит к

$x_3 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_4 \setminus x_3 \oplus x_4 3x_5 4$;

продукция 3.12 к подстроке $x_4 3x_5$ приводит к

$x_3 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_4 \setminus x_3 \oplus x_3 \setminus x_4 \oplus x_5 4$;

продукция 3.12 к подстроке $x_5 4$ приводит к

$x_3 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2 \oplus x_4 \setminus x_3 \oplus x_3 \setminus x_4 \oplus x_4 \setminus x_5$ – получен терм в АНФ (Рис. 2).

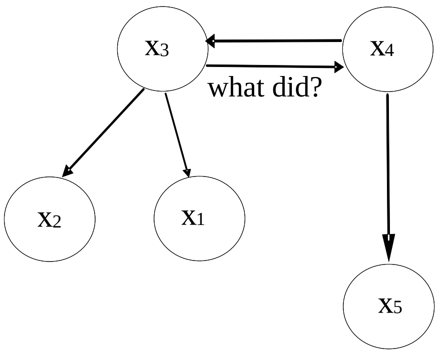

Рис. 2. Дерево графа терма $x_1 3x_2 3x_3 4x_4 3x_5 4$ с выделением ассоциативной пары $x_3 \setminus x_1$

В результате преобразований начальная ЕЯ конструкция в АНФ выглядит следующим образом:

owl \ wise ⊕
owl \ old ⊕
lived \ owl ⊕
owl \ lived ⊕
lived \ oak .

Обозначим $< ANF? > ::= x_4 \setminus x_3$ словами вопросительного местоимения $< what \quad did? >$. По теореме 2 $< ANFa > \to x_4 \setminus x_5$, $< ANFq > \to x_3 \setminus x_1 \oplus x_3 \setminus x_2$.

Тогда, согласно с *правилом 2*, $< tA > \to x_4 x_5$, а $< tQ > \to x_3 x_1 x_2$. В конечном итоге получаем следующий результат: what did? owl wise old ? lived oak.

4. Выводы. Приведенные примеры демонстрируют интуитивную понятность результатов использования коммутативной полугруппы образных конструкций как модели формальной теории Th к ЕЯ предложениям на русском и английском языках. Таким образом, достигнута поддержка ограниченного типа диалога «*Basic English*» для вопросов к отдельным членам предложения.

Отметим, что в представленном варианте формальной теории Th не использовано понятие силы связи между ЯО, которое несложно определить, в первом приближении, даже статистически. С помощью теоремы 3 и накопления силы связей между ЯО в пределах корпуса текстов открывается возможность поддержки диалога типа «магистр Йода». Отдельная задача накопления масштабной статистики связей между ЯО, решаемая с помощью разработки синтаксического парсера и базы знаний для выбранного ЕЯ, приведет к реализации ограниченного типа диалога «дельфийский оракул».

Литература

1. Turing A. Computing Machinery and Intelligence / A. Turing // Mind. – 1950. – Vol. LIX, N. 236. – P. 433-460.
2. Соснин П. И. Вопросно-ответное программирование человеко-компьютерной деятельности / П. И. Соснин. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 240 с.
3. Бисикало О.В. Ассоциативный поиск для задач обучения на основе электронного тезауруса образов / О.В. Бисикало // Управляющие системы и машины. – 2009. – №2.– С. 28–33.
4. Крылов С.А. Некоторые уточнения к определениям понятий словоформы и лексемы / С.А. Крылов // Семиотика и информатика. – 1982. – Вып. 19. – С. 118-136.
5. Столл Р. Множества. Логика. Аксиоматические теории / Столл Р.; пер с англ. – М.: Просвещение, 1968. – 231 с.
6. Бісікало О.В. Формалізація понять мовного образу та образного сенсу природно-мовних конструкцій / О.В. Бісікало // Математичні машини і системи. – 2012. – № 2. – С. 70–73.
7. Bisikalo O. Formalization of semantic network of image constructions in electronic content [Електронний ресурс] / O. Bisikalo, I. Kravchuk // Cornell University Library (Computer Science, Computation and Language), arXiv: 1201.1192v1. – January 2012. – 4 p. – Режим доступу: http://arxiv.org/abs/1201.1192v1.

UOT 004.93:159.95

O.V. Bisikalo. Məhdud dialoq tiplərinin formal nəzəriyyə əsasında dəstəklənməsi.

Birinci tərtibli tətbiqi nəzəriyyənin köməyi ilə dialoqun üç məhdudlaşdırılmış növlərinin dəstəyinin məsələsi tədqiq olunur. Assosiativ normal formada daxil olunan term anlayışının istifadəsi ilə 3 faydalı teorem isbat etmək mümkündür. Əldə olunan nəticələrin linqvistik interpretasiyasını formal nəzəriyyənin əyani konstruksiyalarının kommutativ altqrupları şəklində modeli təmin edir. Təqdim olunan misallar rus və ingilis dillərində təbii-dil cümlələrinə dair sualların və cavabların qurulmasının intuitiv aydınlığını nümayiş etdirirlər.
Açar sözlər: assosiativ cüt, formal nəzəriyyə, qraf, əyani konstruksiya, model

O.V. Bisikalo. Support of limited types of dialogue on the basis of the formal theory.

The problem of support of three limited types of dialogue on the basis of the applied theory of the first order is considered. Use of the entered concept of a term in the associative normal form allows to prove 3 useful theorems. Linguistic interpretation of the received results is provided by model of the formal theory in the form of commutative semigroup of image constructions. The given examples show intuitive clearness of creation of questions and answers to natural language sentences in Russian and English languages.
Keywords: associative pair, formal theory, graph, image construction, model

Винницкий национальный
технический университет, Украина Представлено 24.05.2013