

НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 2

Москва 2013

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 519.1:004.942

Ю.В. Старичкова

Структурная сложность орграфов: некоторые математические модели и их приложения

Рассмотрены некоторые математические модели структурной сложности орграфов в эффективно обрабатываемых базисах. Показана значимость разработанных автором алгоритмов и программных средств эффективного анализа сложности орграфов, использующих информацию о расположении ориентированных цепных фрагментов. Данные средства используются при выявлении знаний из текстовых коллекций..

Ключевые слова: орграф, структурная сложность, программные средства, сходство, обработка текстов

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования *структурной сложности* (СС) в классе орграфов обусловлена тем, что данный класс графов имеет большое научное значение и широкое практическое применение (представление знаний, интеллектуальный анализ данных, распознавание образов, компьютерная лингвистика и другие). Во многих проблемах искусственного интеллекта, извлечения знаний и машинного обучения рассматриваются структурированные данные, такие как строки и различные последовательности, деревья, ориентированные и неориентированные графы. Особый интерес с точки зрения анализа представляют структурные семантические модели: семантические

сети, понятийные графы [1] и т.п. Такие модели часто возникают при обработке текста, причём до их появления мы сталкиваемся с другими орграфами – деревьями синтаксического разбора [2], деревьями структуры документов [3] и пр. Модели структурной сложности являются основой для сравнения структур (выявления сходства и кластеризации) и их упорядочения (ранжирования).

В статье рассматривается реализация методов построения и анализа индексов и вектор-индексов структурной спектральной сложности, а также некоторых других моделей сложности орграфов в различных базисах структурных дескрипторов. Эти модели СС графа не являются полным инвариантом орграфа, как и большинство других моделей СС. По-

этому задачи анализа сходства орграфов нельзя без потери точности свести к вычислению и сравнению моделей сложности. Это объясняет необходимость разработки большого числа разнообразных моделей для различных прикладных областей.

1. БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ СТРУКТУРНОЙ СЛОЖНОСТИ ОРГРАФОВ В БАЗИСАХ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЦЕПНЫХ ФРАГМЕНТОВ

Рассмотрим задачу нахождения индексов и вектор-индексов СС орграфа G в базисе произвольных фрагментов. Вектор-индекс и индекс структурной сложности орграфа G в базисе произвольных фрагментов [4]:

$$\begin{aligned} VISSC(G/\bar{B}) &= (\bar{f}_0 \cdot w_0 \cdot ISSC((\bar{F}_0), \bar{f}_1 \cdot w_1 \cdot ISSC((\bar{F}_1), \dots, \\ &\quad \bar{f}_m \cdot w_m \cdot ISSC((\bar{F}_m))) \\ ISSC(G/\bar{B}) &= \sum_{i=1}^m \bar{f}_i \cdot w_i \cdot ISSC((\bar{F}_i)), \\ WF(G/\bar{B}) &= (w_0 \bar{F}_0, w_1 \bar{F}_1, \dots, w_m \bar{F}_m), \end{aligned}$$

где G – орграф, $\bar{F}_0 - \bar{F}_m$ – элементы базиса, w_i – количество канонических изоморфных вложений фрагмента \bar{F}_i в орграф G , относительно которого характеризуется сложность графа. В качестве параметров построения индексов и вектор-индексов необходимо задать сложность всех или хотя бы некоторых базовых фрагментов минимального размера, если сложность фрагментов большей длины может вычисляться рекурсивно. Для разработки алгоритмов и дальнейших исследований в качестве мер сложности выбраны индексы и вектор-индексы СС в базисе простых путей ($ISSC(G/P)$), полупуть ($ISSC(G/PP)$), простых контуров ($ISSC(G/C)$), полуконтуров ($ISSC(G/CC)$) и ориентированных цепных фрагментов (ОЦФ) ($ISSC(G_1/DCF)$). Далее слова «простой» при указании путей и контуров будем опускать. Заметим также,

что базисы путей и контуров достаточно исследованы в [4] и последующих работах.

Ориентированный цепной фрагмент (ОЦФ) – связный орграф без петель и кратных дуг, состоящий либо из одной вершины (ОЦФ длины 0 – наименьший элемент базиса), либо из большего числа вершин, причем две из них имеют степень 1, а остальные – 2 (длина ОЦФ равна числу дуг в нём). Отметим, что полустепени исхода и захода могут быть любыми. Пример ОЦФ приведён на рис. 1.



Рис. 1. Пример ориентированного цепного фрагмента, не являющегося путём.

Прокомментируем отличия ОЦФ от путей и полупуть.

1. Путь – частный случай ОЦФ. В пути полустепени вершин степени 2 одинаковы и равны 1.

2. Полупуть связан с ОЦФ более интересным образом. Все ОЦФ на одном и том же множестве вершин соответствуют одному и тому же полупути.

Отметим, что, хотя *путь* является *ОЦФ*, его отдельное рассмотрение полезно как для сравнительного анализа, так и для выделения самого простого алгоритма построения индекса СС.

Удобно представлять ОЦФ в виде вектора логических значений. Ложь будет соответствовать одному направлению дуги (для определённости установим «направо», т. е. *прямая дуга*), а истина – другому («налево» или *обратная дуга*).

Использование ОЦФ в качестве элементов базиса позволяет увеличить дискриминирующую способность индексов СС при сохранении вычислительной сложности алгоритмов построения индексов. Единственная проблема, возникающая при построении базы всех ОЦФ заданного типа, – возможное наличие нетривиальных автоморфизмов у ОЦФ с чётным числом дуг. Ниже приведён алгоритм канонизации ОЦФ с линейной сложностью.

```

Procedure CanonizeDCF(
  // ОЦФ в виде булева массива (вход/выход)
  var DCF: array of boolean;
)
var
  H: integer; // Максимальный индекс в массиве DCF
  i, k: integer; // Вспомогательные переменные (счётчики циклов)
  q: boolean; // Вспомогательная булева переменная
begin
1   H := High(DCF);
2   for i := H downto (H shr 1) do begin
3     // Проверка каноничности текущего представления:
4     if not DCF[i] < DCF[H - i] then begin
5       // В случае неканоничности – преобразование:
6       for k := 0 to (H shr 1) do begin
7         if DCF[k] = DCF[H - k] then begin
8           q := not DCF[k];
           DCF[k] := q; DCF[H - k] := q;
         end;
       end;
       exit;
     end;
  end;
end;

```

В табл. 1 приведен пример базовых ОЦФ и их значений сложности.

Таблица 1

Минимальные ОЦФ и их стандартная сложность

Текстовое представление ОЦФ	Изображение ОЦФ	Сложность ОЦФ
!	①	1
0	① → ②	3
00	① → ② → ③	9
01	① → ② ← ③	10
10	① ← ② → ③	11
000	① → ② → ③ → ④	31
001	① → ② → ③ ← ④	32
010	① → ② ← ③ → ④	34
100	① ← ② → ③ → ④	33

Предложить для ОЦФ универсальную рекурсивную процедуру вычисления индекса структурной спектральной сложности в базисе всех фрагментов намного сложнее, чем в случае путей. Понятно, что общих соображений для того чтобы задать индекс сложности ОЦФ, отличного от пути, просто нет. Поэтому в табл. 1 стандартные значения сложности мо-

гут показаться «надуманными». Однако хорошие результаты экспериментов по анализу различающей способности базиса ОЦФ именно с такими значениями (при варьировании методики назначения стандартных значений индексов сложности) являются хорошим обоснованием.

Табл. 2 содержит пример вычисления значений индексов СС в базисах путей, полупутьей, контуров, полуконтуров и ОЦФ для орграфов G_1 и G_2 .

База помеченных ОЦФ строится на основе рекурсивного перечисления помеченных фрагментов, начинающихся в каждой вершине орграфа. Для повышения эффективности процесса перечисления используется представление орграфа в виде отдельных списков исходящих и входящих дуг. Алгоритм обладает значительной емкостной сложностью, так как $|F^{(l)}(G)|$ может быть очень велика. Обозначим число ОЦФ орграфа G через $C(G)$. Верхнюю оценку даёт число ОЦФ всех длин полного орграфа K_p :

$$C(K_p) = p + p! \sum_{k=1}^{p-2} \frac{2^{k-1}}{(p-k-1)!}$$

Асимптотическая временная сложность алгоритма – $O(|V(G)| \times |E(G)| \times C(G))$. Мы не будем полностью приводить реализованный вариант алгоритма. Он сконструирован по стандартной рекурсивной схеме перечисления всех путей на основе поиска с возвратом, с тем отличием, что используются предварительно подготовленные структуры данных для просмотра как прямых, так и обратных дуг, «выходящих» из вершины. Также для ускорения работы используются локальные инварианты вершин, отсекающие части графа, в которые стало невозможно попасть с учётом текущего частичного решения (начала ОЦФ).

При необходимости найти вложения сразу нескольких типов ОЦФ в исследуемый орграф, удобно один раз запускать рекурсивную процедуру постройки цепных фрагментов, проверяя, какому из абстрактных типов соответствует найденный помеченный фрагмент графа. Напомним, что проверка соответствия для ОЦФ выполняется за линейное время относительно длины ОЦФ.

Таблица 2

Примеры вычисления ISSC в различных базисах

Орграф G_1	Орграф G_2	Значения индексов
		$ISSC(G_1/P) = 86, ISSC(G_2/P) = 86$
		$ISSC(G_1/PP) = 242, ISSC(G_2/PP) = 242$
		$ISSC(G_1/C) = 133, ISSC(G_2/C) = 16$
		$ISSC(G_1/CC) = 234, ISSC(G_2/CC) = 234$
		$ISSC(G_1/DCF) = 129, ISSC(G_2/DCF) = 128$

2. СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ СЛОЖНОСТИ ОРГРАФОВ

Кроме моделей СС в виде индексов и вектор-индексов, реализованы и более сложные структурные модели сложности – b -модели в базисе ОЦФ. Этот класс моделей СС впервые предложен Коховым В.А. [4]. b -модель представляет собой двудольный граф со структурными весами на вершинах и рёбрах [5]. Левая доля – элементы базиса (т.е. типы фрагментов орграфа); правая доля – помеченные фрагменты; ребро проводится в случае, если помеченный фрагмент, задаваемый весом вершины левой доли, вкладывается во фрагмент, тип которого совпадает с типом, задаваемым весом вершины правой доли. Веса рёбер отражают либо число вложений, либо относительные вклады помеченных фрагментов в общую сложность орграфа. По сравнению с индексами и вектор-индексами СС, b -модели имеют намного большую дискриминирующую способность, позволяют решать новые классы задач, но требуют больше памяти и имеют заметно большую сложность построения. На рис. 2. приведен пример графов с эквивалентными значениями индекса СС $ISSC(G_1/P) = ISSC(G_2/P) = 77$, но имею-

щие различные b -модели. Прорисовка диаграмм выполнена идентичным методом для визуального сравнения.

Специализированный алгоритм построения b -модели в базисе ОЦФ быстрее в работе, в отличие от универсального, от нескольких десятков процентов – на небольших графах, до нескольких десятков раз – на орграфах от 100 вершин.

На рис 4. приведён пример эмпирической оценки асимптотической временной вычислительной сложности алгоритма построения b -модели в базисах ОЦФ длины 0-2 (ромбы), 0-3 (квадраты) и 0-4 (треугольники) для семейства слабо двусвязных орграфов (первый представитель приведён на рис. 3) с числом вершин от 10 до 100.

48 проведённых экспериментов показали, что характер зависимости времени вычисления от длины базиса остаётся практически неизменным для орграфов со средней степенью, большей 2,5. Отметим, что общая сложность построения b -моделей в базисе ОЦФ, по сравнению с базисом путей, возрастает от 0,6 до 4 раз при размере графов до 120 вершин, хотя при этом размер моделей может увеличиваться на порядки.

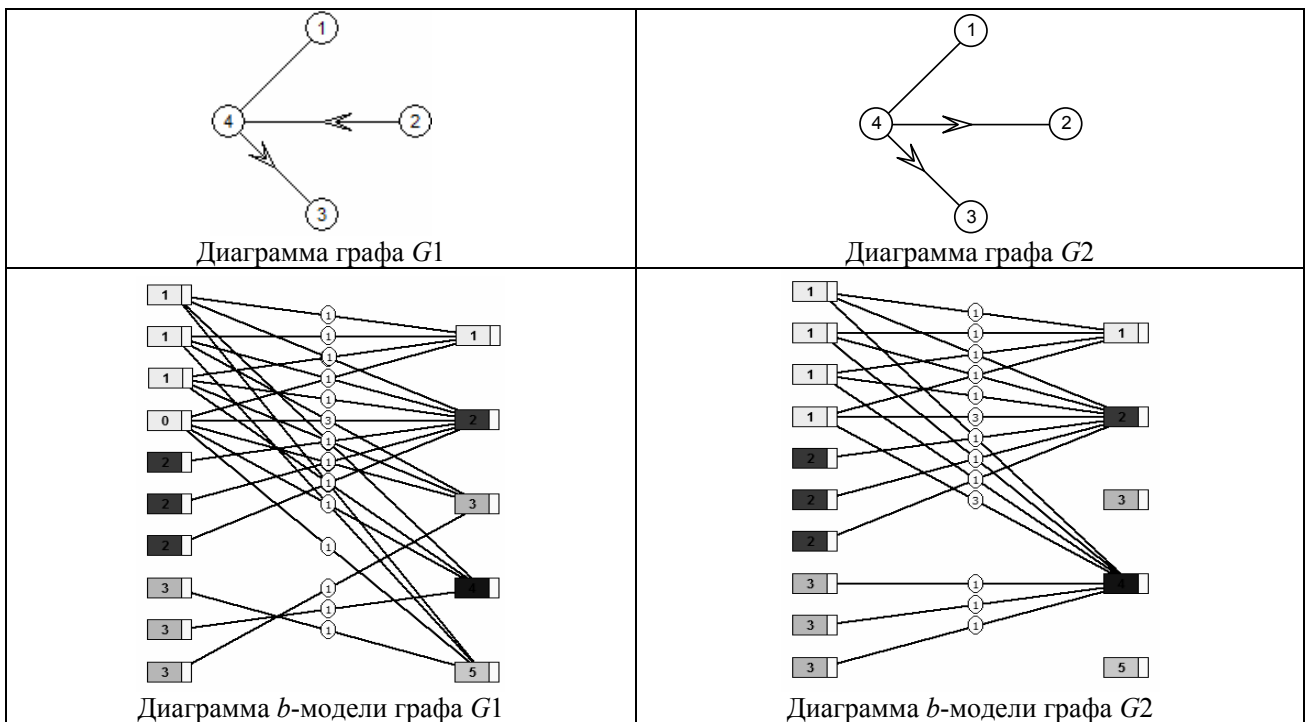


Рис. 2. Пример ориентированного цепного фрагмента, не являющегося путём

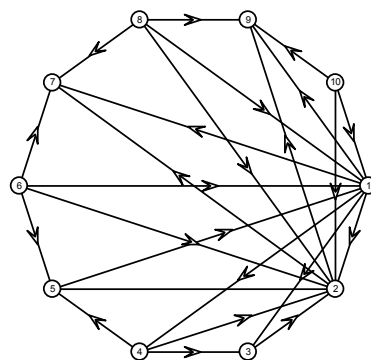


Рис. 3. Слабо двусвязный орграф – первый представитель тестового семейства

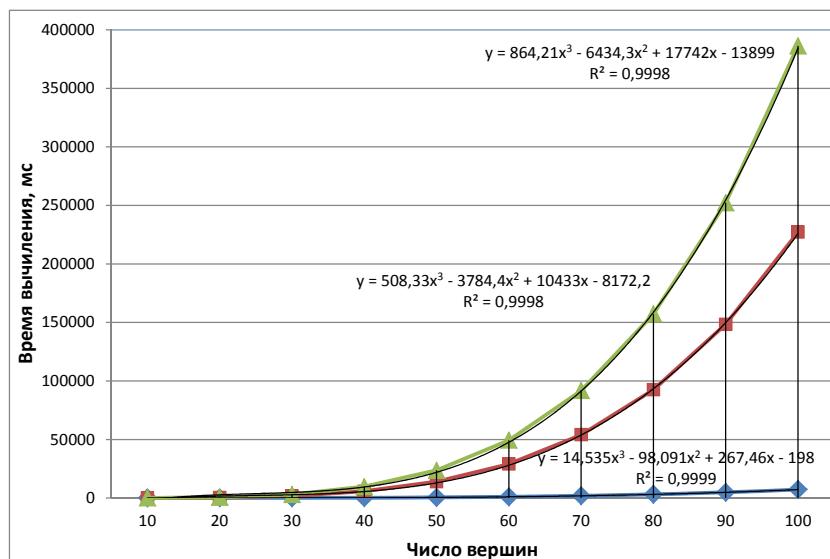


Рис. 4. Зависимость времени построения b-модели от длины базиса ОЦФ

3. КОРРЕКТНОСТЬ АЛГОРИТМОВ И НОВЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Корректность работы алгоритмов подтверждена результатами вычислительных экспериментов на различных семействах ориентированных орграфов.

Были исследованы все орграфы до шести вершин включительно (1540421), и несколько более узких классов (например, 20278544 бесконтурных и 4664216 планарных бесконтурных орграфов до восьми вершин), и несколько представительных семейств с числом вершин до 1000 (более 10000 орграфов). В качестве базисов для исследования были выбраны базисы связанных путей, полупутей, контуров, полуконтуров и ОЦФ всех длин.

Проведена классификация исследованных классов и семейств орграфов с целью разбиения множеств орграфов с одинаковым числом вершин на классы эквивалентности, на основе значения индексов СС в различных базисах. На рис. 5. и рис. 6. приведены примеры графиков чувствительности (отношения числа классов к числу орграфов) для индексов СС орграфов и планарных орграфов в базисах путей, полупутей, контуров, полуконтуров, ОЦФ. Наиболее точную классификацию удалось получить, используя значение индексов СС в базисе ОЦФ, при длине элементов базиса равной числу вершин в орграфе.

4. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Все эксперименты по доказательству корректности и получению теоретических результатов проводились с использованием авторских программных средств, подключенных к АСНИ «Graph Model Workshop» (GMW) [6]. Оригинальный программный комплекс ISCinDCF создан в среде Embarcadero RAD Studio на языке Delphi. Объём авторского исходного кода ISCinDCF – более 110 КБ, число строк исходного кода основных алгоритмов – 1793, всего компилируемых строк – 5473, объём машинного кода – 1549 КБ. Комплекс позволяет вычис-

лять индексы, вектор-индексы СС и другие модели сложности орграфов в базисах путей, полупутей, контуров, полуконтуров и ОЦФ с особой обработкой некоторых подклассов орграфов (например, планарных орграфов или деревьев). Также поддерживается учёт весов вершин и рёбер.

Построенные модели структурной сложности хранятся в виде набора таблиц в базе данных результатов экспериментов GMW. Для использования в прикладных задачах вместо программного интерфейса (API) подключения к АСНИ GMW использовался файловый ввод/вывод в форматах XGMMML (eXtensible Graph Markup and Modeling Language) [7] и др., которые затем преобразовывались по требованию прикладных программ.

При построении индексов и вектор-индексов используется следующая параметризация (рис. 7):

- тип базиса для вычисления модели СС;
- длина максимального элемента базиса (для конструктивно перечисляемых базисов) или набор ОЦФ (для выбора базиса, задаваемого пользователем поэлементно);
- значения сложности минимальных элементов базиса (для конструктивно перечисляемых базисов с автоматическим расчётом сложности остальных элементов) или всех элементов;
- веса вершин и рёбер.

Ограничения ISCinDCF (обработка орграфов с числом вершин до 32000, размер фрагмента до 255 вершин) несущественны на фоне относительно высокой временной и емкостной сложности используемых алгоритмов и целевых приложений.

В каких задачах становится важным различие направления дуг цепных фрагментов? Первый пример – анализ синтаксических деревьев, где можно учесть подчинение [8]. Второй пример – понятийные структуры и другие классы семантической сетей, где можно удачно использовать факт двудольности исходного графа: разделение на объекты и их свойства.

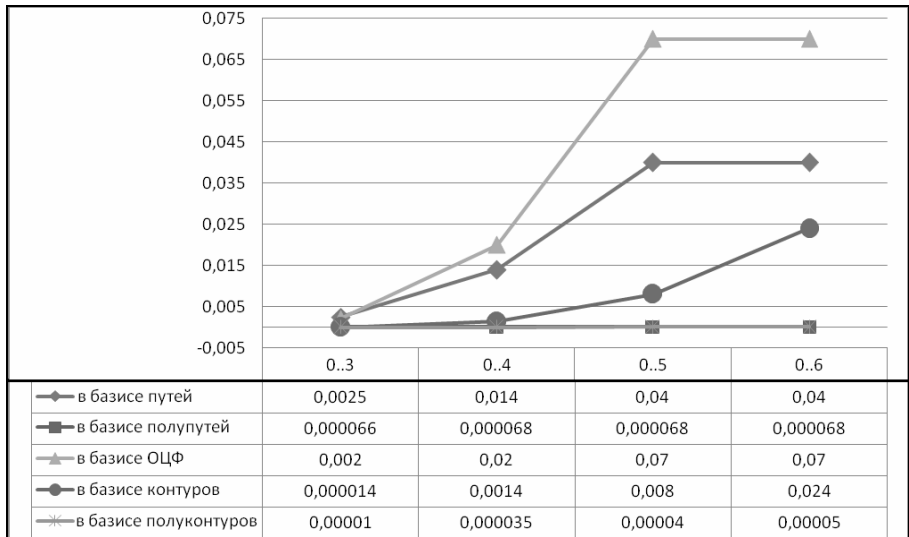


Рис. 5. График чувствительности различения индексов сложности для орграфов на шести вершинах

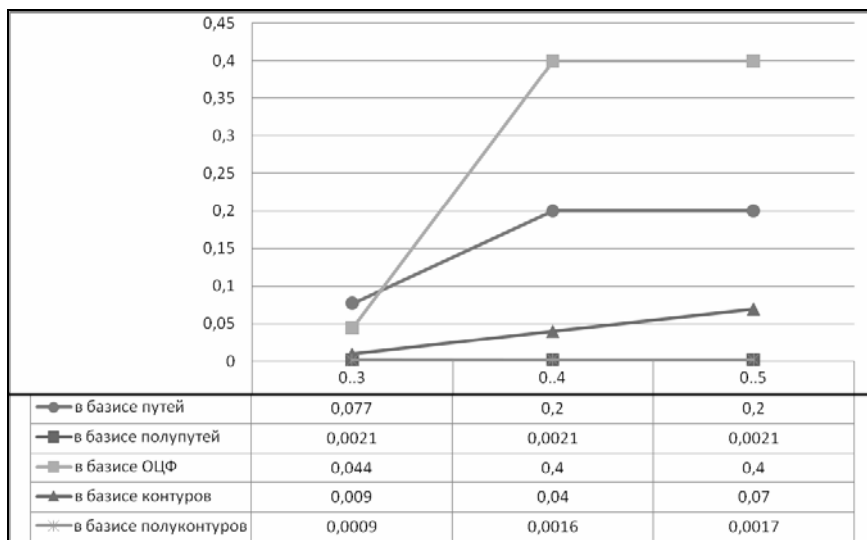


Рис. 6. График чувствительности различения индексов сложности для планарных орграфов на семи вершинах

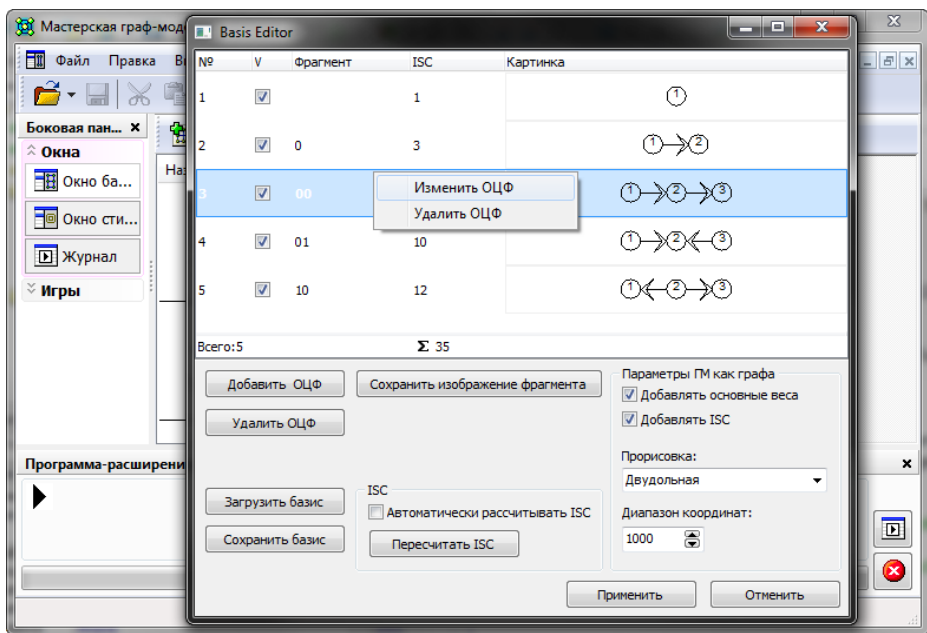


Рис. 7. Диалог создания базиса структурных дескрипторов (ориентированных цепных фрагментов)

Почему не более сложные фрагменты, например, деревья? Из-за резкого возрастания вычислительной сложности алгоритмов вычисления сложности. При недостаточной точности последующего ранжирования или анализа сходства предлагается иерархическое уточнение с увеличением базиса структурных дескрипторов.

При решении прикладных задач, очевидно требование обработки взвешенных ОЦФ, т.е. учёт атрибутов вершин и дуг фрагментов в графе. Для «линейных» базисов задавать веса как вершин, так и рёбер очень удобно. Их учёт *понижает* вычислительную сложность.

С использованием рассмотренных моделей сложности и разработанных программных средств можно подбирать нужный уровень качества и затрат машинного времени при решении задач ранжирования или анализа сходства текстов на синтаксическом и семантическом уровне. Это было продемонстрировано в экспериментах по выявлению знаний при исследовании полицейских отчётов и по выявлению тождественности высказываний в блогосфере.

Дальнейшие направления исследований связаны с получением приближённых оценок сложности. Это особенно актуально при наличии информации о путях и ОЦФ графов, полученных в результате случайных блужданий. Эта информация естественным образом возникает при работе многих алгоритмов классификации графов и её использование для нескольких целей может заметно повысить эффективность совместного использования инструментов анализа структурной информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sowa J.F. Conceptual Graphs: Draft Proposed American National Standard // ICCS-1999. - 1999. – P. 1-65.
2. Authorship classification: a discriminative syntactic tree mining approach // Proc. 34th international ACM SIGIR conference on Research and development in Information Retrieval (SIGIR '11). - 2011. – P. 455-464.

3. Dengel A., Dubiel, F. Clustering and classification of document structure - a machine learning approach // Proc. Third International Conference on Document Analysis and Recognition. - 1995. – P. 587 – 591.
4. Кохов В.А. Концептуальные и математические модели сложности графов. - М.: Издательство МЭИ, 2002.
5. Незнанов А.А. Методы и программные средства для различения расположения фрагментов графовых моделей систем : дис. кан. тех. наук. - М., 2005.
6. Незнанов А.А., Кохов В.А. Развитие АСНИ «Graph Model Workshop» для исследований в области структурного анализа // Доклады международной конференции «Информационные средства и технологии» (МФИ-2008). Т. 2. – М., 2008. - С. 45-49.
7. Punin John, Mukkai Krishnamoorthy. XGMML (eXtensible Graph Markup and Modeling Language). – URL: www.cs.rpi.edu/~puninj/XGMML/ (дата обращения: 10.10.2011).
8. Galitsky B., Kuznetsov S.O., Usikov D. Parse Thicket Representation for Multi-Sentence Search // Proc. International Conference on Conceptual Structures (ICCS' 2013), Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI). – 2013 - Vol. 7735. - P. 154-173.

Материал поступил в редакцию 18.12.12.

Сведения об авторе

СТАРИЧКОВА Юлия Викторовна – аспирант кафедры Анализа данных и искусственного интеллекта Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Москва
E-mail: jstarichkova@hse.ru

Акустический тональный язык коммуникации роботов

Построен язык коммуникации роботов на основе тональных акустических сигналов. Каждому символу указанного языка соответствует последовательность акустических одночастотных сигналов, которые являются искусственными синтезированными фонемами языка. Представлен алгоритм распознавания таких характерных сигналов и приведены результаты ряда проведенных экспериментов.

Ключевые слова: акустическая коммуникация, разговор роботов, распознавание речи

ВВЕДЕНИЕ

Цель нашего исследования - создание искусственного языка для реализации "разговора" роботов в обычной внешней воздушной среде на акустических частотах, воспринимаемых человеком. Вообще, малочастотный язык роботов не будет непосредственно понятен человеку, но для человека несложно подготовить соответствующий транслятор. При этом предлагаемая акустическая коммуникация может стать удобным средством дополнительного контроля поведения роботов, сосуществующих с человеком в едином социуме.

Система коммуникации, описанная в настоящей работе, основана на простых по своей структуре одно- и малочастотных сигналах, что делает методы спектрального анализа практически идеальными для последующих алгоритмов распознавания. На базе таких сигналов строится базовый язык роботов. Этот язык представляет собой знаковую систему для обмена информацией с выделенным фонетическим уровнем иерархической языковой системы, что соответствует определению языка с лингвистической точки зрения.

Нами реализована программная среда для визуализации и анализа работы построенного алгоритма. Проведены эксперименты на основе созданных компьютерной и аппаратной моделей для анализа работоспособности построенных алгоритмов. Первый прототип описываемой системы был создан в 2007-2008 гг., он кратко представлен в сборнике и на электронных ресурсах [1]. В последующее время выполнялись эксперименты по созданию нескольких различных реализаций и обработке языка.

Задачи акустической сигнальной обработки, в том числе базис (функции ввода, приема и передачи) описываемого языка, обрабатывались на мобильном роботе "Аргонавт-2" семейства "Аргонавт", разработанном в Институте прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН.

Укажем, что в 2004 г. группой американских специалистов была создана и испытана аналогичная система [2], в которой символы кодируются стандартными DTMF-сигналами (сигналы класса телефонных, когда телефон переключен в тональный режим). В 2011 г. по этой же теме появилась публикация авторов из австралийского университета Квинсленда (Queensland) [3].

В отличие от указанных публикаций, в настоящей работе рассмотрена формальная модель языка. В этом языке символы могут кодироваться не только частотами DTMF, но и любой последовательностью частот.

1. СТРУКТУРА ЯЗЫКА РОБОТОВ

Исходная (базовая) структура любого акустического языка состоит из алфавита и набора фонем, соответствующих каждому символу этого алфавита.

Фонема в нашей работе делится на фрагменты. Фрагмент представляет собой произвольный одночастотный сигнал определенной длительности и амплитуды, т.е. элемент множества

$$Frg = \{(amp, frq, dur) \mid amp \in N, frq \in N, dur \in N\}.$$

Фрагменты играют роль неделимых частиц, атомов языка. Из фрагментов составляются все другие конструкции языка. Поскольку фрагмент является одночастотным сигналом, будем называть систему одночастотной.

Длительность фрагмента $frg = (amp, frq, dur)$ будем обозначать $|frg| = dur$. Частоту фрагмента $frg = (amp, frq, dur)$ будем обозначать $frg[] = frq$

Любое конечное подмножество

$F \subset \{(frg^1, frg^2, \dots, frg^n) \mid n \in N, frg^i \in Frg, i = \overline{1, n}\}$ множества конечных упорядоченных наборов элементов из Frg будем называть множеством фонем.

Таким образом, любая фонема представляет собой последовательность одночастотных сигналов. В от-

личие от фрагмента, фонема является многочастотным сигналом. Пример аудиосигнала, соответствующего фонеме, графически изображен на рис.1, на котором фонема состоит из фрагментов трех частот.

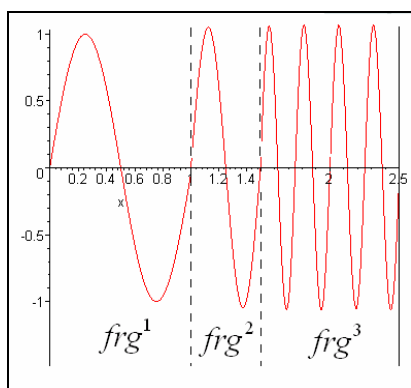


Рис.1. Пример аудиосигнала, соответствующего фонеме $f = (frg^1, frg^2, frg^3)$

Длительностью фонемы будем считать сумму длительностей всех входящих в неё фрагментов. Длительность фонемы $f = (frg^1, \dots, frg^n)$ будем обозначать $|f| = \sum_{i=1}^n |frg^i|$. Для получения k -го фрагмента frg^k фонемы $f = (frg^1, \dots, frg^k, \dots, frg^n)$ будем использовать запись $f[k] = frg^k$.

Введём также понятие множества используемых фрагментов, как набора всех фрагментов, входящих хотя бы в одну фонему:

$$Frg_u = \{frg \in Frg \mid \exists f = (frg^1, \dots, frg^k, \dots, frg^n), f \in F, frg^k = frg\}.$$

Это множество конечно в силу конечности F .

Рассмотрим некоторое конечное множество B , которое будем называть алфавитом. Элемент этого множества будем называть буквой, а любой упорядоченный набор букв - словом. Количество букв в алфавите, т.е. мощность множества B , обозначим N_B .

Множество фонем разобьём на N_B непересекающихся непустых подмножеств F_i и каждой букве поставим в соответствие одно из них. Это соответствие обозначим R . Таким образом, любой букве соответствует как минимум одна уникальная последовательность одночастотных сигналов.

Введём также специальный символ S , который будем называть пробелом. Поставим в соответствие этому символу некоторое число $dur_S \in N$, которое будем называть длительностью пробела. Пробел в рассматриваемом акустическом языке будет соответствовать тишине (сигналу с амплитудой ноль) длительностью не менее dur_S . Набор из символа пробела и его длительности обозначим $S^* = \{S, dur_S\}$.

Набор $L = (B, F, R, S^*)$ из алфавита, множества фонем, соответствия между ними и пробела будем называть языком роботов.

Таким образом, робот, произнося слово, преобразует его в последовательность фонем, что, в свою очередь, представляет собой последовательность одночастотных сигналов. Задача другого робота – выделить из всего звукового потока характерные звуки, соответствующие фонемам языка и на выходе получить слово в соответствии с распознанными фонемами.

2. ОБЩАЯ СХЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ

Целью алгоритма распознавания является поиск фонем в полученном роботом аудиосигнале. Как правило, робот на входе получает поток аудиоданных, которые сильно отличаются от исходных тональных сигналов. В связи с этим поставим задачу построить алгоритм, позволяющий из всего потока данных выделить звуки, соответствующие фонемам языка робота.

Введём вначале ряд базовых понятий.

Аудиосигнал будем рассматривать как функцию $s(t)$, заданную на некотором отрезке $[t_1, t_2]$. Будем предполагать, что $s \in L_2([t_1, t_2])$. Задача распознавания заключается в определении всех интервалов $[t', t''] \subset [t_1, t_2]$, на которых была проиграна некоторая фонема $f \in F$.

Базовый метод, который будем использовать, - метод спектрального анализа - позволяет на каждом интервале времени подсчитать амплитуду, соответствующую частоте любого фрагмента. Используя формулы этого метода, рассмотрим следующую функцию:

$$\begin{aligned} amp_{[t', t''], frq} s(t) &= \sqrt{a^2 + b^2}, \text{ где } a = \frac{1}{|[t', t'']|} \int_{t'}^{t''} s(t) \cos(2\pi \cdot frq \cdot t) dt \\ & \quad (2.1) \\ b &= \frac{1}{|[t', t'']|} \int_{t'}^{t''} s(t) \sin(2\pi \cdot frq \cdot t) dt, \end{aligned}$$

которая на интервале $[t', t''] \subset [t_1, t_2]$ возвращает амплитуду аудиосигнала $s(t)$, соответствующую частоте frq .

Введём параметр τ , значение которого будем рассматривать как параметр алгоритма. Будем выбирать τ таким образом, что длительности всех фрагментов $frg \in Frg_u$ будут кратными τ . Такое значение обязательно найдется в силу конечности множества Frg_u .

Рассмотрим разбиение отрезка $[t_1, t_2]$ точками $t^0, t^1, \dots, t^{s-1}, t^s$, где $t^i = t_1 + i \cdot \tau, i = 0, s-1, t^s = t_2, t^s - t^{s-1} \leq \tau$ на отрезки $\Delta^i = [t^{i-1}, t^i], i = \overline{1, s}$. Множество точек разбиения отрезка $[t_1, t_2]$ обозначим T :

$$T = \{t^0, t^1, \dots, t^s\}, t^i = t_1 + i \cdot \tau, i = \overline{0, s-1}, t^s = t_2, t^s - t^{s-1} \leq \tau.$$

На каждом отрезке $\Delta t^i, i = \overline{1, s}$ рассмотрим функцию $a_i(f)$, которая на этом отрезке будет определять громкость фоновой f . Эту функцию будем называть амплитудой фоновой на отрезке Δt^i .

Определим критерии вхождения фоновой в аудиосигнал на каждом отрезке $\Delta t^i, i = \overline{1, s}$. Для этого введем следующее определение.

Фонему $f \in F$ будем называть выделенной на отрезке $\Delta t^i, i = \overline{1, s}$ по параметрам $a_{\min} \in N, 0 < \sigma < 1$, если одновременно выполняются следующие условия:

$$\begin{aligned} 1) & a_i(f) \geq a_{\min} \\ 2) & a_i(f) \geq \sigma \cdot \max_{f \in F} a_i(f). \end{aligned} \quad (2.2)$$

Иными словами, фонему будем считать выделенной на отрезке времени $\Delta t^i, i = \overline{1, s}$, если на этом отрезке её амплитуда выше двух порогов: абсолютного и относительного. Абсолютный порог определяется первым условием (2.2) и задаётся некоторым значением a_{\min} . Относительный порог следует из второго условия (2.2) и равен произведению максимальной амплитуды среди всех фонем $f \in F$ на некоторое значение $\sigma \in (0, 1)$. Значения a_{\min} и σ - параметры алгоритма.

Целью введения этих оценок (порогов) является фильтрация фонем. Абсолютный порог отсекает все "тихие" фонемы, тогда как относительный порог выделяет из "громких" фонем "наиболее громкие".

Указанные критерии будут являться основными условиями вхождения фоновой в аудиосигнал.

Для определения функции амплитуды фоновой введём ряд дополнительных понятий.

Будем называть текущим временем распознавания фоновой $f \in F$ к моменту времени $t^i \in T, i = \overline{0, s}$ максимальный отрезок до t^i , на котором фонема $f \in F$ непрерывно входила в аудиосигнал, т.е. была выделенной на каждом из отрезков разбиения этого интервала. Текущее время распознавания фоновой указывает, какое время фонема непрерывно проигрывалась до момента t^i . Формула (2.3) определяет текущее время распознавания фоновой:

$$T_i^c(f) = \begin{cases} T_{i-1}^c(f) + \tau, & \text{если } f \in S_i \text{ и } i \geq 1, \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases} \quad (2.3)$$

Используя понятие текущего времени распознавания фоновой, введем понятие текущего фрагмента фоновой на отрезке $\Delta t^i, i = \overline{1, s}$. Текущий фрагмент фоновой $f \in F$ будет характеризовать, какой именно фрагмент этой фоновой звучит на отрезке $\Delta t^i, i = \overline{1, s}$ в том случае, если фонема f проигрывается на отрезке Δt^i . Текущий фрагмент фоновой $f \in F$ на отрезке $\Delta t^i, i = \overline{1, s}$ будем обозначать $frg^i_C(f)$.

Для определения текущего фрагмента фоновой рассмотрим остаток от деления текущего времени распознавания фоновой на её длительность:

$$\tilde{T}_i^c(f) = \text{mod}_{|r|}(T_i^c(f)).$$

Определим функции $\tilde{T}^k(f), i = \overline{1, s}, k \in N$, которые для каждой фоновой $f \in F, f = (frg^1, \dots, frg^k, \dots, frg^n)$ будут равны сумме длительностей всех фрагментов до k -го включительно:

$$\tilde{T}^k(f) = \sum_{j=1}^k |frg^j|.$$

Таким образом, текущим фрагментом фоновой будем называть первый фрагмент для которого выполняется равенство $\tilde{T}^k(f) \geq \tilde{T}_i^c(f)$. Приведем общую формулу для расчета текущего фрагмента:

$$\begin{aligned} frg^i_C(f) &= f[k], \text{ где } k = \min_{g(j) \geq 0} (j), g(j) = \\ &= \tilde{T}^j(f) - \tilde{T}_{i-1}^c(f), i = \overline{1, s} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Поскольку начало проигрывания фоновой может не совпадать с точками разбиения T , введем некоторую параметризованную функцию $\delta_i(f) \in [0, \tau), i = \overline{1, s}$, которая на каждом отрезке Δt^i будет равна смещению начала проигрывания фоновой f от ближайшей точки разбиения T в том случае, если фонема f проигрывается на этом отрезке. Введем обозначение отрезка разбиения со смещением:

$$\Delta t^i_\delta(f) = [t^{i-1} + \delta_i(f), t^i + \delta_i(f)], i = \overline{1, s}, f \in F.$$

Теперь на основе введенных понятий определим функцию амплитуды фоновой. Будем считать амплитудой фоновой $f \in F$ на отрезке Δt^i амплитуду частоты текущего фрагмента этой фоновой на отрезке $\Delta t^i_\delta(f)$, согласно формуле (2.1):

$$a_i(f) = \underset{\Delta t^i_\delta(f), frg^i_C(f)}{\text{amp}} s(t), i = \overline{1, s}. \quad (2.5)$$

Теперь установим критерий, который будет определять, была ли фонема проиграна на определенном отрезке времени. Для этого введем следующее определение.

Фонему $f \in F$ будем называть распознанной на отрезке $[t^k, t^l], t^k, t^l \in T, t^l - t^k = |f|$, если текущее время распознавания фоновой к моменту времени t^l положительно и кратно длительности фоновой f , т.е. одновременно выполняются следующие два условия:

$$\begin{aligned} 1) & T_i^c(f) > 0, \\ 2) & \text{mod}_{|r|}(T_i^c(f)) = 0 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Это определение будем рассматривать в качестве критерия вхождения фоновой в аудиосигнал.

Рассмотрим множества R_i , которые для каждого отрезка $\Delta t^i, i = \overline{1, s}$ будут содержать все фонемы $f \in F$, распознанные на некотором отрезке $[t^k, t^l], t^k, t^l \in T$, содержащем $\Delta t^i \subset [t^k, t^l]$. Множество R_i будем называть множеством распознанных фонем на отрезке Δt^i .

Введем понятие распознанного пробела.

Пробел $S^* = \{S, dur_S\}$ будем называть распознанным на отрезке $[t^k, t^l], t^k, t^l \in T, k > 0, l < s$, если одновременно выполняются следующие условия

- 1) $|t^l - t^k| \geq dur_S$
 - 2) $R_i = \emptyset, i = \overline{k+1, l}$
 - 3) $R_k \neq \emptyset, R_{l+1} \neq \emptyset$
- (2.7)

Это понятие будет определять те отрезки времени, на которых был проигран сигнал, соответствующий символу пробела.

Пробел будет распознан на тех отрезках времени, на которых не были распознаны фонемы и длительность которых не меньше длительности пробела. При этом справа и слева от такого интервала должны быть отрезки, на которых будет распознана некоторая фонема.

Полученные ключевые понятия распознанной фонемы и распознанного пробела зависят от функции $\delta_i(f)$, которая пока не определена. Рассмотрим теперь алгоритм поиска начала проигрывания фонемы и выведем формулу для $\delta_i(f)$.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЧАЛА ФОНЕМЫ

Поскольку начало проигрывания фонемы может не совпадать с точками разбиения T , поставим задачу определить смещение начала проигрывания фонемы относительно ближайшей точки разбиения слева. Для этого определим функцию $\delta_i(f)$, которая для каждого отрезка $\Delta t^i, i = \overline{1, s}$ будет совпадать с искомым смещением, если фонема была проиграна на этом отрезке.

В силу того, что фонема начинает проигрываться с первого фрагмента, задача поиска начала фонемы сводится к поиску начала проигрывания частоты первого фрагмента. Для этого рассмотрим параметризованную функцию $\delta_i^*(frq)$. Эта функция на отрезках $\Delta t^i, i = \overline{1, s}$ будет равна смещению начала проигрывания частоты frq относительно ближайшей точки разбиения слева.

Используя $\delta_i^*(frq)$, определим функцию смещения $\delta_i(f)$. Функция $\delta_i(f)$ для каждой фонемы $f \in F$ будет равна значению функции $\delta_i^*(frq)$ для частоты frq первого фрагмента фонемы f на тех отрезках, на которых фонема начинает проигрываться. Отрезки, на которых фонема f начинает проигрываться, будут определяться следующим образом. К их началу текущее время распознавания фонемы f будет равно нулю и амплитуда аудиосигнала, рассчитанная по формуле (2.1), на текущем отрезке разбиения Δt^i или на следующем будет больше значения параметра a_{\min} . Если же фонема проигрывалась на предыдущем отрезке разбиения, т.е. текущее время распознавания этой фонемы к началу текущего отрезка разбиения больше нуля, то вычислять значение $\delta_i^*(frq)$ нет не-

обходимости. В этом случае значение функции $\delta_i(f)$ берется из предыдущего отрезка. В том случае, если не выполняется ни одно из вышеуказанных условий, то функция $\delta_i(f)$ будет равна нулю.

Приведем общую формулу для расчета функции $\delta_i(f)$:

$$\delta_i(f) = \begin{cases} \delta_i^*(frq), frq = frg[], frg = f[1], T_{i-1}^C(f) = 0 \text{ и} \\ \quad \underset{frq, \Delta t^i}{amps(t)} > a_{\min} \text{ и} \underset{frq, \Delta t^{i+1}}{amp s(t)} > a_{\min} \\ \delta_{i-1}(f), T_{i-1}^C(f) > 0 \\ 0, T_{i-1}^C(f) = 0, \underset{frq, \Delta t^i}{amps(t)} \leq a_{\min}, \underset{frq, \Delta t^{i+1}}{amp s(t)} \leq a_{\min} \end{cases} \quad (3.1)$$

Для полного определения функции $\delta_i(f)$ рассмотрим алгоритм расчета функции $\delta_i^*(frq)$. Этот алгоритм будет заключаться в поиске первого отрезка длительностью, равной длительности отрезка разбиения τ , на котором полностью была проиграна искомая частота.

Для вычисления значения δ^* для произвольной частоты frq на отрезке Δt^i рассмотрим следующие интервалы:

$$\Delta t_\delta^i = [t^{i-1} + \delta, t^i + \delta], \delta \in (0, \tau), i = \overline{1, s}.$$

Определим функцию $amp_i(frq, \delta)$, которая для каждого $\delta \in (0, \tau)$ будет равна амплитуде частоты frq на отрезке Δt_δ^i согласно формуле (2.1):

$$amp_i(frq, \delta) = \underset{\Delta t_\delta^i, frq}{amp s(t)}, \delta \in (0, \tau), i = \overline{1, s}.$$

Рассмотрим некоторый параметр $\alpha \in (0, 1)$, значение которого будет являться параметром алгоритма. Определим наименьшее значение δ^* , для которого будет выполнено неравенство:

$$amp_i(frq, \delta^*) \geq \alpha * \max_{\delta \in (0, 1)} amp_i(frq, \delta).$$

Значение δ^* будет являться искомым смещением. Приведем общую формулу для расчёта функции $\delta_i^*(frq)$:

$$\delta_i^*(frq) = \min_{g(\delta) \geq 0, \delta \in (0, 1)}(\delta), \\ \text{где } g(\delta) = amp_i(frq, \delta) - \alpha * \max_{\delta \in (0, 1)} amp_i(frq, \delta').$$

4. АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ

Процесс обработки аудиосигнала (распознавания) начинается с прослушивания аудиоданных длительностью 2τ . Такой отрезок необходим для работы алгоритма определения начала фонемы. Далее аудиосигнал будем обрабатывать через каждый интервал длительностью τ .

В качестве исходных данных на каждом отрезке Δt^i будем рассматривать значения функции $T_{i-1}^C(f)$ текущего времени распознавания фонемы к началу этого отрезка. Отметим, что на первом отрезке исходные данные ($T_0^C(f) = 0, f \in F$) известны.

Обработка аудиосигнала на каждом отрезке Δt^i будет заключаться в определении текущего времени распознавания $T_i^C(f)$ каждой фонемы $f \in F$ к концу этого отрезка.

Рассмотрим процесс обработки аудиосигнала на произвольном отрезке Δt^k . Как отмечалось, к началу этого отрезка нам известна функция $T_{k-1}^C(f)$. Для вычисления текущего времени распознавания $T_k^C(f)$ фонемы $f \in F$ к концу отрезка необходимо проделать ряд следующих действий:

- 1) определить текущий фрагмент $frg_k^C(f)$ каждой фонемы $f \in F$;
- 2) вычислить значение функции смещения $\delta_k(f)$ для каждой $f \in F$;
- 3) вычислить значение функции амплитуды фонемы $a_k(f)$ для каждой $f \in F$;
- 4) определить множество выделенных фонем S_k .

Указанные функции и множества вычисляются посредством формул (2.4), (3.1), (2.5), (2.2) соответственно.

Используя множество выделенных фонем S_k , согласно формуле (2.3) определяем текущее время распознавания фонемы $T_k^C(f)$ к концу отрезка Δt^k .

Определив $T_k^C(f)$ каждой фонемы $f \in F$, переходим к поиску распознанных фонем. Проверяем условия 2.6) определения распознанной фонемы. В том случае, если для некоторой фонемы $f \in F$ условия удовлетворяются, считаем фонему f распознанной на интервале $[t^k - |f|, t^k]$.

Будем обозначать $\Delta t^{R(i)} = [t_1^{R(i)}, t_2^{R(i)}]$ интервалы, на которых были распознаны фонемы. Значение i будем определять согласно очередности. Т.е. при определении первого отрезка, на котором распознана некоторая фонема, значение i будет равно единице, второго – двум и так далее. Отрезки $\Delta t^{R(i)}$ будем называть распознанными.

После определения второго и последующих интервалов, на которых некоторая фонема будет распознанной, будем рассматривать отрезок $\Delta t^{S(i)} = [t_2^{R(i)}, t_1^{R(i+1)}]$ от конца предыдущего распознанного отрезка до начала текущего. Этот отрезок проверяется на удовлетворение условий (2.7) определения распознанного пробела. В том случае, если условия удовлетворяются, пробел считается распознанным на отрезке $\Delta t^{S(i)}$.

5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ АЛГОРИТМА

Для реализации алгоритма разработана программная среда. При создании программной среды использовались методы, описанные в [4]. Программная среда позволяет осуществлять и анализировать работу рассматриваемого алгоритма для системы, состоящей из двух роботов.

Для тестирования системы в качестве алфавита рассмотрено множество букв русского алфавита. Каждой букве поставлено в соответствие множество, состоящее из одной фонемы, которая в свою очередь состоит из двух фрагментов одинаковой длительности и амплитуды. Таким образом, каждой букве алфавита соответствует двухчастотный сигнал. Частоты фрагментов, которые используются для каждой буквы, а также амплитуда и длительность этих фрагментов, приведены в таблице.

Таблица

Соответствие букв алфавита параметрам сигнала

Буква	Амплитуда	Частота 1-го фрагмента, Гц	Частота 2-го фрагмента, Гц	Длительность, Мсек
а	100	400	2000	150
б	100	450	2050	150
в	100	500	2100	150
г	100	550	2150	150
д	100	600	2200	150
е	100	650	2250	150
ж	100	700	2300	150
з	100	750	2350	150
и	100	800	2400	150
й	100	850	2450	150
к	100	900	2500	150
л	100	950	2550	150
м	100	1000	2600	150
н	100	1050	2650	150
о	100	1100	2700	150
п	100	1150	2750	150
р	100	1200	2800	150
с	100	1250	2850	150
т	100	1300	2900	150
у	100	1350	2950	150
ф	100	1400	3000	150
х	100	1450	3050	150
ц	100	1500	3100	150
ч	100	1550	3150	150
ш	100	1600	3200	150
щ	100	1650	3250	150
ъ	100	1700	3300	150
ы	100	1750	3350	150
ь	100	1800	3400	150
э	100	1850	3450	150
ю	100	1900	3500	150
я	100	1950	3550	150

Параметры алгоритма:

- $\tau = 50$
- $a_{\min} = 32$
- $\sigma = 0.9$
- $\alpha = 0.7$.

Эти параметры вместе с выбором языка роботов были подобраны экспериментальным путем и отвечали наилучшему качеству распознавания среди всех рассмотренных параметров. В качестве входного аудиосигнала в программе используется 8-битный моно-сигнал с частотой дискретизации 12800 Гц. Выбор этих параметров соответствует техническим характеристикам используемых в системе динамиков, микрофонов и аналого-цифровых преобразователей (АЦП).

Анализ работы алгоритма заключался в проведении нескольких тестов. Тестирование проводилось на двух компьютерах, один из которых ("проигрывающий") использовался для проигрывания звуковых фрагментов, а другой ("распознающий") - для выделения из пришедшего потока аудиоданных звуков, соответствующих буквам алфавита.

Тест №1. На разных расстояниях от микрофона "распознающей" машины динамиком "проигрывающей" машины один раз проигрывался звуковой сигнал, соответствующий фразе "абвгдежзийклмнопрстуфхцшщзььэюя". После чего результат распознавания сравнивался с исходной фразой. На рис.2 изображен график зависимости процента рас-

познавания сигнала от расстояния между коммуницирующими машинами.

Тест №2. На расстоянии двух метров от микрофона "распознающей" машины динамиком "проигрывающей" машины десять раз проигрывался звуковой сигнал, соответствующий фразе "абвгдежзийклмнопрстуфхцшщзььэюя". На рис.3 изображен график зависимости процента удачного распознавания от номера эксперимента.

Тест №3. На расстоянии двух метров от микрофона "распознающей" машины динамиком "проигрывающей" машины проигрывался звуковой сигнал, соответствующий разному количеству букв "а". График зависимости процента удачного распознавания от количества букв "а" представлен на рис.4.

Укажем здесь, что данные тесты выполнялись неоднократно, в разных состояниях внешней среды (температура, соответствующее давление воздуха, небольшая зашумленность). Во всех экспериментах результаты получались идентичными приведенным. Как видно из тестов, на расстоянии до двух метров распознавание четкое (надежное), а далее возникают небольшие отклонения.

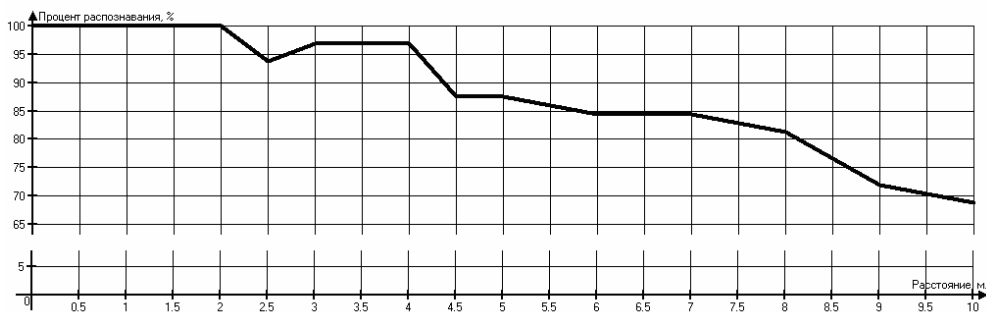


Рис.2. Процент распознавания сигнала как функция расстояния. Тест 1.

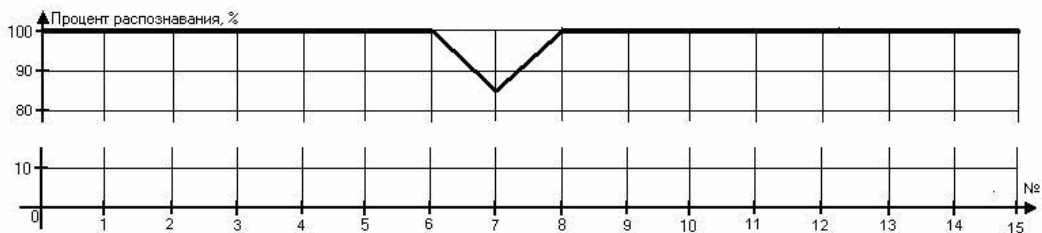


Рис.3. Тест повторного проигрывания-распознавания. Тест 2.

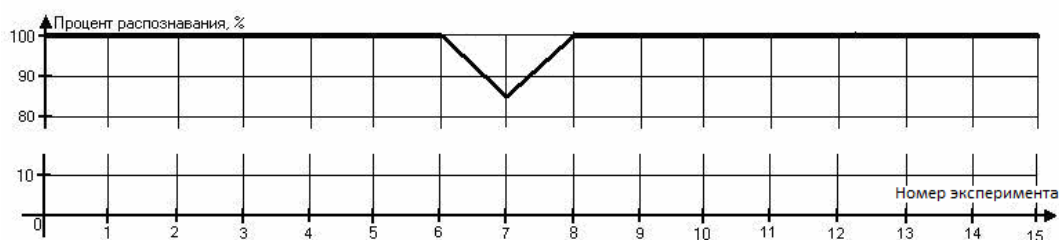


Рис.4. Тест повторного проигрывания-распознавания. Тест 3.

6. СХЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯЗЫКА С ПОДКРЕПЛЯЮЩИМ ДИАЛОГОМ

Рассмотрим следующий модельный пример применения системы тональной акустической коммуникации. На площадке квадратной формы, разбитой на 64 квадратные (или другой формы) ячейки, находятся два робота. Каждая ячейка окрашена некоторым цветом (рис.5), "цветом" может быть некоторая градация серого.

Каждый робот может передвигаться по ячейкам площадки и способен определять цвет ячейки, на которой он находится в данный момент. Роботы общаются между собой, используя тональный акустический язык.

Передвигаясь по ячейкам площадки, роботы сообщают друг другу информацию о цвете ячеек. При этом они используют следующую терминологию. Оказавшись на новой, неисследованной ячейке робот говорит фразу «Нахожусь в ячейке с координатами X Y цвет *такой-то*». При коммуникации существенно используется словарь возможных слов, описывающих координаты (целые числа) и цвета. В случае, если второй робот "понял" первого, он ничего не отвечает. В ином случае второй робот произносит фразу "не понял повтори" и первый должен повторить сказанную фразу. В ходе этого эксперимента каждый робот собирает полную информацию о площадке, на которой роботы находятся.

Рассмотрим результаты эксперимента в тех случаях, когда роботы находятся в ячейках на расстояниях 2 и 4 метра. Робот, находясь в ячейке с координатами (2,1), говорит следующую фразу «Нахожусь в ячейке два один цвет желтый». График исходного сигнала, соответствующего данной фразе, изображен на рис.6, где показаны чистые гармоники с очень большой периодичностью.

Второй робот, находясь на расстоянии двух метров, слушает этот сигнал. На рис.7 изображен аудиосигнал, который принял второй робот. В результате эксперимента второй робот распознал фразу полностью.

Далее роботы находятся на расстоянии четыре метра, и первый робот произносит ту же самую фразу. Второй робот слушает первого и получает аудиосигнал, который изображен на рис.8. Фраза, которую распознал второй робот, следующая «Нахожусь в ячейке два дин цвет желты» (здесь выпали две буквы). Фраза распознана не полностью, правильная фраза по-прежнему «Нахожусь в ячейке два один цвет желтый», и второй робот просит первого повторить, произнося фразу «Не понял повтори». Критерием является наличие во фразе слов, не являющихся кодами координат и цвета. Первый робот вновь произносит фразу, и теперь второй робот распознает её полностью.



Рис.5. Площадка для исследования роботами.

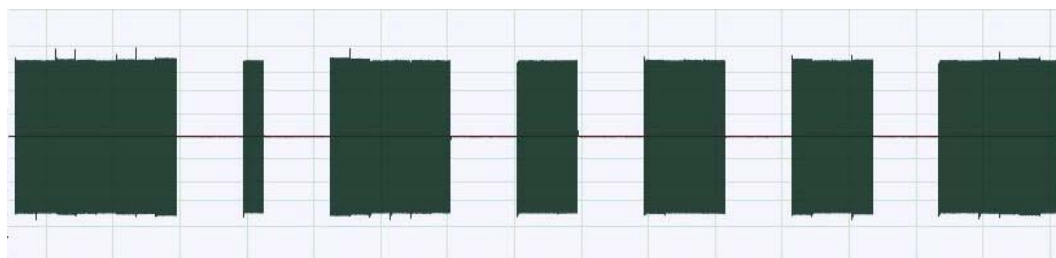


Рис.6. Исходный аудиосигнал.

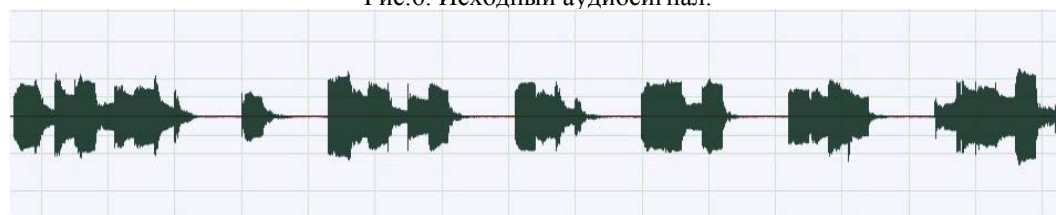


Рис.7. Аудиосигнал, полученный с расстояния 2 метра.



Рис.8. Аудиосигнал, полученный с расстояния 4 метра.

Рассмотренный практический пример реализации диалога двух роботов на базе тонального акустического языка и диалог с подтверждением повышают надежность передачи и распознавания информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование показало эффективную работоспособность созданной схемы управления роботами на основе акустической коммуникации. Ее отработка будет продолжена на макетах подвижных роботов.

Отметим, что передача акустических сигналов по надежности и скорости уступает передаче данных, например, по радиоканалу. Однако предложенная система может использоваться в тех случаях, где неприменимы радиосигналы, например, в условиях значительных радиопомех. Также она может быть существенной при использовании в таком окружении, когда коммуникация роботов должна быть наглядной. В дальнейшем планируется создать версии акустического языка, в которых каждый символ будет кодироваться не одно-, а двух- и/или трехчастотным сигналом. Цель – создание таких языков, которые будут более устойчивы к помехам.

Планируется также ввести некоторый понятийный словарь (тезаурус), которым будут пользоваться роботы. Для этого словаря предполагается создать правила составления предложений, каждое из которых будет уже иметь какой-то смысл. Алгоритмы распознавания должны быть дополнены анализом этих предложений. Также будет создан инструмент для пополнения данного словаря. На основе такого языка можно осуществить смысловой диалог роботов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павловский В.Е., Евграфов В.В., Павловский В.В., Петровская Н.В. Динамика, моделирование, управление мобильными роботами // Искусственный интеллект - проблемы и перспективы. Политехнические чтения (3-и Послеповские чтения). 2008, - М.: Изд. Политехнического музея. - URL: <http://posp.raai.org/info.php?view=17>, http://www.umlab.ru/index/download/evgrafov_ipm.pdf (Электронные ресурсы (2007 г.))
2. Nguyen T., Bushnell L., "Feasibility Study of DTMF Communications for Robots", Dept of EE, University of Washington, April, 2006. - URL: <https://www.ee.washington.edu/techsite/papers/documents/UWEETR-2004-0013.pdf> Электронный ресурс (2004 г.)
3. Schulz R., Glover A., Milford M., Wyeth G., Wiles J. Lingodroids: Studies in Spatial Cognition and Language // Proc. 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA-2011). May 9-13, 2011. - Shanghai, China, 2011. - P. 178-183.
4. Секунов Н. Обработка звука на РС. - СПб., 2001.-1248 с.

Материал поступил в редакцию 15.11.12.

Сведения об авторах

ПАВЛОВСКИЙ Владимир Евгеньевич - доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва
E-mail: vlpavl@mail.ru

КИРКОВ Андрей Юрьевич - аспирант Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва
E-mail: kirkov.andrey@gmail.com

С.И. Шумарин

Адаптация иноязычных аббревиатур в современном русском языке (на материале терминов мобильной связи)

Развитие лексической и словообразовательной систем русского языка рубежа XX–XXI вв. характеризуется активным заимствованием аббревиатур, в том числе и терминологического характера. Наглядным примером служат аббревиатуры – термины мобильной связи. Рассматриваются следующие признаки адаптации иноязычных аббревиатур-терминов к системе русского языка:

а) лексикализация, б) переосмысление, в) графическое переоформление, г) включение в деривационный процесс, д) социализация, е) приспособление к грамматической системе русского языка, ж) формирование системных связей с исконно русскими словами.

Ключевые слова: аббревиатуры, термины мобильной связи, адаптация иноязычных аббревиатур, словообразовательное гнездо, дериваты аббревиатур, разговорная речь, русский язык

Один из наиболее продуктивных способов современного словообразования не только в русском языке – аббревиация. Его активизация наблюдается во многих западноевропейских языках [1–4], тюркских языках [5, 6], в китайском [7], японском [8] языках, в ряде африканских языков [9] и т.д. Не вызывает сомнений утверждение большинства лингвистов о том, что основная причина возникновения сокращений – стремление к экономии языковых средств, которое также является общим для многих разноструктурных языков. «Суть "экономного использования языка" заключается в обеспечении передачи максимального количества информации в единицу времени, т.е. в повышении коммуникативной роли языка. С такой точки зрения именно экономное использование аббревиатур языком рассматривается как один из способов концентрирования информации в целях повышения эффективности общения» [6].

В русском языке рубежа XX–XXI вв. прослеживается тенденция не только к образованию собственных аббревиатур, но и к широкому использованию аббревиатур иноязычного происхождения.

Поток заимствованных аббревиатур в последние годы постоянно увеличивается, значительную активность в этом процессе проявляют аббревиатуры терминологического характера. По наблюдениям ряда специалистов, аббревиация является одним из способов пополнения терминологического фонда современных языков [10], «одной из наиболее продуктивных моделей образования новых научно-технических терминов» [11, с.15]. Существует целый ряд исследований, посвященных анализу аббревиатур, входящих в

терминологические системы различных языков (английского, немецкого, французского): в состав военной терминологии [12–15], научно-технической [16, 17], медицинской [18], юридической [19], космической [20], терминологии в области электросвязи [21] и т.п. Вопросы функционирования аббревиатур в терминосистеме русского языка рассматриваются в основном в сопоставительном аспекте [см., например, 22, 23].

Конец XX – начало XXI вв. характеризуется стремительным развитием и проникновением в различные сферы человеческой деятельности информационных технологий вообще и мобильной связи – в частности и появлением в связи с этим большого количества терминов, в том числе и аббревиатурного характера. В русский язык они проникают в основном из английского языка и стремятся в той или иной степени приспособиться к законам заимствующего языка. В этом отношении иноязычные аббревиатуры ничем не отличаются от корневых заимствованных слов.

Сфера функционирования таких аббревиатур, как правило, письменная речь: инструкции по эксплуатации мобильных телефонов, описание технических характеристик новых моделей, информация о новых услугах мобильной связи в рекламных проспектах и на специализированных интернет-сайтах. Ср.: *Вы также можете изменить PIN-код SIM-карты, код PIN 2 и/или пароль запрета вызовов при необходимости* (Из инструкции по эксплуатации мобильного телефона); *В нашем WAP-обменнике можно загрузить на сайт игры для мобильных телефонов (JAVA, MORPHUN), мелодии для мобильных телефонов (AAC, AMR, DXM, EMY, IMY, MIDI, MMF, MP3, PMD, RNG,*

SEQ, VOX, WAV), картинки для мобильных телефонов (ANI, BMP, GIF, JPEG, JPG, PCO, PIC, PNG, WBMP), темы для мобильных телефонов (SDT, SIS, THM), видео (3GP, MP4), личные карточки контактов (VCF) [<http://www.WAP.MELODIYKA.RU>]. Обилие аббревиатур в подобных специализированных текстах объясняется тем, что наименования устройств, технические характеристики, предлагаемые услуги и т.п., как правило, представлены в языке-источнике сложными многокомпонентными словосочетаниями, которые в целях экономии места трансформируются в нем же в сокращения.

Особенность употребления таких аббревиатур в русском языке заключается в том, что рядом с ними не оказывается исходных, полных форм, поэтому иноязычные аббревиатуры, отрываясь от производящих словосочетаний, практически сразу функционируют как самостоятельные немотивированные слова, лишенные внутренней формы, являясь основным (и, как правило, единственным) средством выражения определенных понятий. В таких случаях «внутренняя форма аббревиатуры, ее семантическая мотивированность не являются главными компонентами понятийного содержания. Понятийное содержание при заимствовании в другой язык может быть этой аббревиатуре приписано, установлено в ней сообразно понятийной системе заимствующего языка» [6]. В особенности это проявляется в том случае, если аббревиатура воспроизводится в специализированном тексте без расшифровки.

Демотивация аббревиатур, имеющих отношение к мобильной связи, происходит еще и потому, что в специализированном тексте они передаются средствами латинской графики и воспринимаются как чужеродный элемент, самостоятельный нерасчлененный языковой знак с закрепленным за ним целостным значением. И лишь в случае употребления аббревиатуры в неспециальном тексте возможна ее транслитерация средствами кириллической графики: *Предлагаем вашему вниманию единственный, в русскоязычном Интернете, железнодорожный ВАП-портал...; Сейчас Вам доступна следующая информация с нашего ВАП-сайта...* [<http://www.poezda.net>].

Аббревиатуры анализируемой группы обладают разной степенью употребительности в русском языке. Как уже отмечалось, в русский язык они пришли вместе с новыми технологиями и основной сферой их употребления, в первую очередь, является специальная речь (чаще – письменная). В речи же специалистов активно употребляются только те аббревиатуры, которые обозначают понятия, связанные с наиболее востребованными услугами, предлагаемыми компаниями мобильной связи. Ср.: *На сегодняшний день, к мобильным информационным технологиям можно отнести: GSM, GPRS, UMTS, EDGE, WAP, Wi-Fi, GPS, WiMAX Mobile. Эти аббревиатуры встречаются нам постоянно, расшифровку некоторых из них мы приблизительно знаем, о других – имеем лишь смутное представление. Как правило, многие из нас знают, что GSM и UMTS – это стандарты связи, WAP – протокол, по которому можно получить доступ в Интернет с мобильного телефона, GPRS и EDGE – технологии передачи данных. Некоторых уже не удивляют новые мобиль-*

ные технологии – GPS и Wi-Fi. Но мало кто может внятно объяснить, например, что такое WiMAX? А между тем, WiMAX – новая телекоммуникационная технология мобильной связи, работающая по принципу Wi-Fi и позволяющая получить доступ в Интернет, была разработана еще в 2001 году [<http://mobil-rom.com/mobilnye-tehnologii>].

На материале «Словаря терминов мобильной связи» [24] и «Словаря англоязычных терминов мобильной связи» [25] нами был составлен словник из 150 аббревиатур терминологического характера, имеющих отношение к современным мобильным технологиям. Опрос 80 студентов разных факультетов и специальностей Балашовского института Саратовского государственного университета показал, что наиболее узнаваемыми являются следующие аббревиатуры: FM (Frequency Modulation), GPRS (General Packet Radio Service), GPS (Global Positioning System), HTML (Hyper Text Markup Language), ICQ, IP (Internet Protocol), MMS (Multimedia Messaging Service), PIN (Personal Identification Number), PUK (Personal Unblocking Key), SIM (Subscriber Identification Module), SMS (Short Message Service), URL (Uniform Resource Locator), WAP (Wireless Application Protocol), Wi-Fi (Wireless Fidelity). Испытуемые смогли приблизительно определить значения этих терминов, в то же время большинство опрошенных испытало затруднения в расшифровке этих аббревиатур (за исключением, пожалуй, аббревиатур IP, MMS, SMS).

Степень освоенности иноязычных аббревиатур определяется по ряду признаков. Так, А.С. Мурычева выделяет 10 признаков общепринятости заимствованных аббревиатур: 1) регулярное воспроизведение аббревиатуры в речи, 2) наличие общепринятого значения, 3) широкое использование средствами печати, 4) наличие устойчивой фоно-морфологической структуры, 5) независимость от контекста и речевой ситуации, 6) наличие системных отношений с узуальной лексикой, 7) преимущественное употребление без расшифровки, 8) проявление словообразовательной активности, 9) наличие нормативного статуса, 10) включение аббревиатуры в лексикографические источники [26, с. 7]. Наблюдения над функционированием иноязычных аббревиатур позволили нам сделать вывод о том, что существенными признаками их адаптации в русском языке являются также: а) передача заимствованных сокращений на письме средствами кириллической графики, б) употребление в речи неспециалистов (если речь идет об аббревиатурах-терминах).

Одним из важных показателей жизнеспособности аббревиатур является их способность образовывать производные единицы.

Иноязычные аббревиатуры, реализующие деривационные потенции, как правило, образуют двухвершинные словообразовательные гнезда: с вершиной – иноязычной аббревиатурой и вершиной – русской транслитерированной аббревиатурой. Наличие двух вершин свидетельствует, с одной стороны, об активном освоении русским языком заимствованных аббревиатур, с другой – о незавершенности этого процесса, что проявляется в существовании соотносительных аббревиатур в кириллической транслитерации и в разном графическом оформлении их дериватов (табл. 1):

1)	SIM → СИМ-карта		
2)	СИМ	→ СИМ-карта / сим-карта	→ симка → симочка
			→ симочница
			→ бессимочный → бессимочник
			→ двухсимочный → двухсимочник
			→ двухсимочность
			→ симкодержатель
			→ наносимка

Наиболее продуктивным способом отаббревиатурной деривации является образование сложных имен существительных (композигов) путем сложения иноязычной аббревиатуры, переданной на письме латиницей, и русского корневого слова: *SIM-карта*, *WAP-сервис*, *SMS-канал* и т.п. Заимствованная аббревиатура в таких словах занимает препозицию, а постпозицию, как правило, занимает имя существительное. Нами зафиксировано только одно сложное слово адъективного типа, где вторая часть композита представлена прилагательным: *WAP-совместимый*. Аббревиатуры в кириллической записи реже выступают в качестве составной части композита, самым употребительным таким дериватом является *СМС-сообщение*.

Количество производных композигов у этих аббревиатур разное, но все они входят в одну словообразовательную парадигму, так как находятся на первой ступени словообразования. Наибольшее количество производных композигов содержат парадигмы аббревиатур SMS (более 30: *SMS-викторина*, *SMS-запрос*, *SMS-мошенничество*, *SMS-ответ*, *SMS-роуминг*, *SMS-читатель* и др.) и WAP (более 20: *WAP-документ*, *WAP-доступ*, *WAP-ресурсы*, *WAP-страница*, *WAP-сайт*, *WAP-технология*, *WAP-эмулятор* и др.), парадигма аббревиатуры MMS содержит около 10 дериватов (*MMS-обмен*, *MMS-пространство*, *MMS-услуги* и др.), наименьшее количество производных образуют аббревиатуры IP (*IP-адрес*), FM (*FM-радио*, *FM-диапазон*), SIM (*SIM-карта*) и некоторые другие. У большинства же иноязычных аббревиатур пока не зафиксировано производных композигов. Однако это не значит, что они не могут быть образованы: образование композигов является самым продуктивным способом образования дериватов в сфере аббревиации. Следует также заметить, что парадигматические ряды композигов являются открытыми, поэтому точно подсчитать их количество в каждом конкретном случае весьма затруднительно.

Иноязычные аббревиатуры, наиболее активные в функциональном аспекте (как и собственно русские), настолько осваиваются языком, что приобретают способность образовывать дериваты путем аффиксации, причем, в написании латинской графикой они менее продуктивны (*SMSка*, *MMSка*), в кириллической же транслитерации проявляют большую деривационную активность. Образование дериватов в таких случаях часто не ограничивается первой ступенью производности (как в случае с композигами), а продолжается и на других ступенях. Из рассмотренных нами аббре-

виатур такую способность демонстрируют аббревиатуры IP, MMS, SIM и SMS. Все они, во-первых, образуют суффиксальные дериваты с широким предметным значением, синонимичные соответствующим композигам и являющиеся стилистически маркированными членами синонимических пар, имеющими разговорный или разговорно-просторечный характер: *IP [ай-пи] → IP-адрес / айпи-адрес → айпишник*; *MMS [эмэмэс] → MMS-сообщение → MMSка / MMSка / эмэмэска*; *SIM [сим] → SIM-карта / СИМ-карта / сим-карта → симка*; *SMS [эсэмэс] → SMS-сообщение → SMSка / СМСка / эсэмэска*. Такие суффиксальные дериваты можно рассматривать как одно из проявлений универбации.

В широком понимании универбация есть проявление синтетизма в словообразовании, т.е. выражение «одним словом (простым, производным или сложным) комплекса значений, выражаемых в аналитических конструкциях сочетаниями слов. Ср. "широкоплечий" и "широкий в плечах", "барабанить" и "бить в барабан", "столлик" и "маленький стол", "библиотекарьша" и "женщина-библиотекарь" и т.п.» [27, с. 451].

В узком понимании универбация – это «образование слова на базе наименования, представляющего собой сочетание слов»: *неотложка ← неотложная помощь*, *короткометражка ← короткометражный фильм*, *молодежка ← молодежная газета* и т.п. [28, с. 74–75]. В этом значении используются и другие термины. Авторы монографии «Русская разговорная речь» относят подобные образования к явлениям семантического стяжения, или семантической конденсации, понимая под этим процессы, связанные с утратой семантической расчлененности комплексных наименований, состоящих из двух или более лексем: *вечёрка ← вечерняя газета*, *подсобка ← подсобное помещение* и т.п. [29, с. 408]. В.Н.Немченко образование производных слов в результате эллипсиса производящего словосочетания с одновременной суффиксацией называет стяжением: *читалка ← читальный зал* и т.п. [30, с. 241]. Подобные свернутые (стяженные) наименования появляются на базе словосочетаний «прилагательное + существительное» и являются яркой иллюстрацией процесса компрессии: на месте сочетания слов образуется одно слово с тем же значением. Словосочетание «прилагательное + существительное» претерпевает при этом существенные структурные и семантические изменения, прежде чем стать кратким наименованием – именем существительным. Особенность вновь обра-

зованного слова состоит в том, что формально оно мотивировано прилагательным, но несёт в себе всю сумму значений входящих в словосочетание слов, т.е. значение составного наименования конденсируется в значении однословного наименования, например: *незавершённое строительство* → *незавершёнка*, *наличные деньги* → *наличка*, *купальный костюм* → *купальник* и др.

Отличие дериватов типа *айпишник*, *эсмэска* от дериватов типа *незавершенка*, *купальник* в том, что в качестве производящих выступают не подчинительные словосочетания, а сложные слова – композиты. Сходство проявляется в том, что аббревиатуры в составе таких композитов можно рассматривать как адъективированные и квалифицировать как несклоняемые аналитические прилагательные [31, с. 290–291].

Аббревиатура IP (ай-пи), помимо существительного *айпишник*, образует еще относительное имя прилагательное *айпишный*. Аббревиатура СИМ образует словообразовательное гнездо из четырех ступеней деривации (пример гнезда см. выше).

Русифицированные аббревиатуры ММС и СМС образуют сильноразвернутые гнезда, в состав которых на разных ступенях словообразования входят не только имена существительные, но и многочисленные глаголы¹ (табл. 2):

В целом, соглашаясь с утверждением о том, что «англоязычная аббревиатура SMS в настоящее время имеет больше производных и используется в русском письме активнее, чем СМС»² [32, с. 17], заметим, что сегодня уже русифицированная аббревиатура СМС формирует словообразовательное гнездо с четырьмя словообразовательными ступенями, включающее более 10 словообразовательных цепочек, а аббревиатура SMS формирует одноступенчатое гнездо из открытого ряда однотипных композитов. Таким образом, более продуктивным оказывается русифицированный вариант аббревиатуры, который служит производящей базой для ряда слов, активно использующихся не только в письменной, но и в устной речи.

Другим признаком адаптации иноязычных аббревиатур в русском языке является их перевод с латинской графики на кириллическую, в результате чего они еще больше отрываются от мотивирующих словосочетаний и переходят в разряд немотивированных непроизводных слов со своим собственным значением. Так, аббревиатуры ММС (MMS) и СМС (SMS) развивают метонимическое значение и начинают обозначать уже не только службу передачи мультимедийных сообщений (в сетях сотовой связи) [<http://slovari.yandex.ru/MMS/en-ru/#lingvo/>] или службу коротких сообщений (технологию, позволяющую посылать и принимать с помощью мобильного телефона короткие текстовые сообщения) [<http://slovari.yandex.ru/SMS/en-ru/#lingvo/>], но и само сообщение, переданное посредством такой службы.

¹ Словообразовательные гнезда смоделированы из единиц, зафиксированных в печатных и электронных СМИ, в текстах неформальной интернет-коммуникации (чаты, блоги, форумы) или в устной разговорной речи.

² По данным Е. А. Бирюковой, «в современной русской речи английская аббревиатура образует 33 производных, в то время как аббревиатура в кириллическом написании имеет всего лишь 8 производных» [32, с. 17].

В этом случае единицы типа ММС (MMS) и СМС (SMS) вступают в синонимические отношения с дериватами *ММС-сообщение*, *эмэмэска* и *СМС-сообщение*, *эсмэмэска*.

Что касается композитов, то в ряде случаев корневое слово в их составе, известное носителям русского языка, дублирует одно из слов в составе аббревиатуры: *MMS-сообщение* (MMS – *Multimedia Messaging Service* = служба обмена текстовыми **сообщениями**, аудио- и видео-файлами между сотовыми телефонами стандарта GSM, а также между сотовыми телефонами и компьютерами), *SMS-сообщение* (SMS – *Short Message Service* = служба коротких **сообщений**), *WAP-протокол* (WAP – *Wireless Application Protocol* = **протокол** беспроводного доступа к информационным и сервисным ресурсам глобальной сети Интернет). Ср. также: *CD-диск* (CD – *Compact Disk* = компакт-диск), *DVD-диск* (DVD – *Digital Video Disc* = оптический диск с большой емкостью или *Digital Versatile Disc* = универсальный цифровой диск), *VIP-персона* (VIP – *Very Important Person* = особо важная **персона**) и др. Для русских дериватов подобное дублирование не характерно, поэтому такие композиты многими специалистами в области информационных технологий рассматриваются как плеоназм: «Не смотря на то, что "ИТ-технологии" – это все равно что "масло масляное", этот, если можно так сказать, "термин" регулярно употребляется как в устной, так и письменной речи... SMS-сообщение. Тоже – "масло масляное", поскольку SMS – не что иное, как Short Message Service, служба коротких сообщений» [33].

В данном случае с А.Алиевым можно не согласиться по ряду причин. Во-первых, носителями русского языка иноязычная аббревиатура воспринимается как немотивированное слово, лишенное на базе русского языка исходного составного наименования, поэтому ни о каком плеоназме речи идти не может. Без второй части композита иноязычная аббревиатура может не войти в активный словарный запас и будет восприниматься как нечто инородное, варваризм. Во-вторых, аббревиатура во многих таких образованиях утрачивает свое первоначальное значение, переосмысливается. Например, MMS и SMS обозначают службу, способ связи, а не сообщение как действие или текст; VIP обозначает привилегированность, принадлежность к властным структурам, высокопоставленной номенклатуре, кругу богатых людей, ведущих светский образ жизни и т.п., поэтому без компонентов *сообщение*, *персона* семантика этих аббревиатур окажется искаженной. В-третьих, некоторые композиты входят в синонимические ряды, члены которых являются стилистически дифференцированными: *MMS-сообщение* / *ММС-сообщение* – *MMSка* / *эмэмэска* – *MMS* / *ММС* (в значении «сообщение»); *SMS-сообщение* / *СМС-сообщение* – *SMSка* / *эсмэмэска* – *SMS* / *СМС* (в значении «сообщение»). Ср. также: *VIP-персона* / *ВИП-персона* – *VIP* / *ВИП* (склоняемое существительное) – *VIP* / *ВИП* (несклоняемое существительное). Первые члены синонимических рядов больше характерны для официального общения (в официальных сообщениях в СМИ, в инструкциях и т.п.), вторые – для разговорной речи, третьи – испытывают колебания между официальной и разговорной речью.

ММС / эмэмэс	→ ММС- сообщение	→ ММСка / эмэмэска	→ ММСочка / эмэмэсочка
	→ эмэмэсить	→ эмэмэситься	→ ММСкать / эмэмэскасть
		→ заэмэмэсить	
		→ отэмэмэсить	→ отэмэмэситься
		→ проэмэмэсить	
СМС / эсэ- мэс	→ СМС- сообщение	→ СМСка / смска / эсэмэска	→ эсэмэсочка
			→ СМСкать / смскасть / эсэмэскасть
			→ СМСкаться / смскачься
			→ эсэмэсковый
			→ СМСкнуть / смскнуть / эсэмэск- нуть
	→ эсэмэсовый		
	→ смснуть		
	→ эсэмэсить	→ эсэмэситься	→ эсэмэскнуться
		→ заэсэмэсить	→ заэсэмэситься
		→ отэсэмэсить	→ отэсэмэситься
		→ переэсэмэсить	→ переэсэмэситься
		→ переэсэмэситься I	→ переэсэмэсиваться I
		→ заэсэмэситься	
		→ отэсэмэситься	
		→ переэсэмэска	
		→ переэсэмэситься II	→ переэсэмэсиваться II
		→ проэсэмэситься	

Все три номинации могут сталкиваться в одном контексте. Ср. в рекламном тексте СМАРТС «Мой курортный роман», где повествование ведется от лица женщины, рассуждающей об экономии денег на счете мобильного телефона во время отпуска, который она проводит далеко от дома: *...Поэтому приходится экономить на звонках, рассказывая о впечатлениях об отдыхе в коротеньких SMS-ках... Сидя в душном офисе, я раза 3–4 за день получала от них SMS-сообщения и тотчас уносила мысли прочь от работы...* В конце рекламного текста под заголовком «А теперь – без лирики. Информация для отпускников–2007»: *В домашней сети (а это 16 российских регионов) абонент разговаривает по очень низким тарифам – вызовы от 4 руб. 27 коп., SMS – 1 руб. 22 коп.* (КП. – 31.05–7.06.2007. Саратовская вкладка «Люди и дела»). Появление таких синонимических рядов говорит о востребованности аббревиатуры и ее производных не только в собственно разговорной речи, но и в разных формах (устной и письменной) литературного языка, ср., например³: *Доставка ммс и смс сообщений гарантирована. Sms и mms сообщения отправляются через сайты сотовых операторов: теле2, мтс, мегафон, билайн, смртас, ютел, скайлинк и др.* [<http://sms-mms-free.ru/>]; *Если вы хотите отправить красивое ммс сообщение, но не имеете времени на его создание, то наш сайт именно то, что вам нужно! Здесь вы найдете самый разнообразный ммс контент на все случаи жизни*

³ Здесь и далее стиль, орфография и пунктуация авторов сохранены.

[http://allworldsms.com/html/best_mms.php]; *Большинство СМС-сообщений, которые посеяли массовую панику среди выходцев из восточного индийского штата Ассам в Бангалоре, отправлены из Пакистана* [<http://kp.ru/online/news/1225717/>]; *Чтобы ограничить информационную панику, правительство взяло под контроль социальные сети и СМС-переписку* [http://rbctv.rbc.ru/archive/main_news/text/562949984562243.shtml] и т.п.

Богатый материал для наблюдений предоставляют различные интернет-форумы и чаты, участники которых общаются в письменной форме, используя в своих посланиях иноязычные аббревиатуры и их дериваты. Активное вхождение заимствованных аббревиатур в разговорную речь также свидетельствует об их освоении русским языком: *Главное у абонента должен быть включен GPRS, и настроен – у каждого оператора свои настройки, для самой настройки MMS выбирается вроде только эта самая дом. страница, но у меня вот что-то не пашет (МТС) поэтому и интересуюсь; Да вот настроить GPRS времени нет ни у меня ни у тех кому я потенциально могу отправлять MMSки; Любители сэкономить на смс-ках давно отправляют их на wap.smsline.ru, а недавно там появилась инфа поинтересней (на странице отправки SMS) о бесплатном MMS – кто-нибудь пользовался, получается настроить? При чем написание одних и тех же слов встречается в разных вариантах: Кстати, если кому надо покопаться глубже, то могу выложить доку по ВАП-протоколам, а то когда сам искал, то ели нашел; А вот некоторые*

проги на ява нормально работают и через **ван-протокол**; Не знаком с вашим телефоном, поэтому не знаю, есть ли там **ВАП протокол**; Для более детального изучения **ВАП протоколов** советуем ознакомиться с соответствующей документацией; **Гпрс** – технология передачи данных, а **ван-протокол**, позволяющий смотреть интернет-страницы на экране сотовика. Ср. также в романе С. Лукьянова «Спектр»: *Мартин взял телефон и влез на поисковую систему «Яндекс» по ван-протоколу.*

Некоторые из анализируемых аббревиатур и их производных с разными вариантами написания зафиксированы в «Словаре аббревиатур иноязычного происхождения» Л.А. Барановой: *IP – IP-адрес, IP-номер, IP-телефония, IP-телевидение, айпишник* [34, с. 229]; *SMS / sms – эсэмэситься / SMS'иться, эсэмэска / SMS'ка* [34, с. 278]; *SIM / Sim / sim – SIM-карта / Sim-карта / sim-карта* [34, с. 277]; *СИМ – СИМ-карта, симка* [34, с. 114]. Аффиксальные производные в словаре даются с пометой *разг.* Аббревиатура *СМС* с расшифровкой «Служба мобильных сообщений» зафиксирована в электронной версии «Русского орфографического словаря» РАН под ред. В. В. Лопатина [<http://www.gramota.ru/slovari/info/lor/>] и в «Словаре собственных имен русского языка» Ф. Л. Агеенко (М., 2010) [<http://www.gramota.ru/slovari/info/ag/>]. Как видим, расшифровка не совсем соответствует исходной, она приспособлена к русскому варианту аббревиатуры. «Русский орфографический словарь» фиксирует и два деривата аббревиатуры с пометой *прост.: эсэмэситься(ся)* (от *СМС*) и *эсэмэска* (от *СМС-сообщение*).

Как показывают приведенные примеры, проблема освоения иноязычных аббревиатур тесно связана и с формированием орфографической нормы, и с ее кодификацией. В письменной речи многие слова имеют графические варианты, для устной же речи эта вариативность не имеет значения: *СМСка / СМС-ка / смска / эсэмэска; СМСкать / СМС-кать / смскать / эсэмэскать* и т.п. Тем не менее, наблюдается стремление ученых унифицировать написание заимствованных аббревиатур и их производных. Так, справочная служба русского языка портала «Грамота.ру» в качестве правильных вариантов рекомендует написания *СМС* и *эсэмэска* [http://www.gramota.ru/spravka/buro/29_325312], *ММС* и *эмэмэска* [http://www.gramota.ru/spravka/buro/29_258372], отмечая, что суффиксальные дериваты имеют разговорный характер. Эти рекомендации соответствуют новой редакции правил русского правописания, подготовленной сотрудниками Института русского языка им. В. В. Виноградова. В соответствии с этими правилами иноязычные транслитерированные звуковые аббревиатуры в составе композитов рекомендуется писать с прописной буквы через дефис, буквенные аббревиатуры – имена нарицательные – строчными буквами [35, § 207]. В то же время портал «Грамота.ру» рекомендует, например, композиты с первым компонентом *WAP* писать через дефис, допуская при этом написание аббревиатуры прописными и строчными буквами: *WAP-нормал* или *wap-нормал* [http://www.gramota.ru/spravka/buro/29_337870], латиницей и кириллицей: *WAP-мастер (ВАП-мастер) и wap-мастер (ван-мастер)* [http://www.gramota.ru/spravka/buro/29_316377]. Составители «Неакадемического словаря языкового уп-

лотнения», размещенного на сайте «Справочная служба русского языка», призывают вместо слова *wap* употреблять транслитерированный вариант *ван* и писать его слитно с пояснительными словами: *вантехнология, вандоступ, вансайт*, что, по их мнению, вытекает из логики ассимилирования иноязычных слов русским языком [<http://www.rusyaz.ru/is/ns/wap.html>].

Таким образом, орфография иноязычных аббревиатур и их дериватов еще не унифицирована, хотя и предпринимаются попытки ее кодификации. Это объясняется тем, что заимствование аббревиатур переживает своеобразный бум, иноязычные аббревиатуры находятся на разных ступенях адаптации, а образование от них производных характерно, в первую очередь, для разговорной речи, которая носит некодифицированный характер⁴.

Освоение заимствований сопровождается также приспособлением иноязычных единиц к грамматической системе принимающего языка (языка реципиента). В частности, аббревиатуры, являющиеся преимущественно существительными, стремятся «определиваться» с типом словоизменения, родовой принадлежностью и т. п.

Аббревиатуры по природе своей – неизменяемые слова, в особенности аббревиатуры иноязычные. В разговорной же речи некоторые из них проявляют способность к словоизменению, что также свидетельствует об их освоении носителями языка как обычных лексем: *Похоже народ до ММС-а еще не дорос* (Интернет-форум); ср. также: *Однако большинство депутатов в связи с наплывом в Москву VIPов постараются далеко от столицы не уезжать* (КП. – 20.04.05); *Многие думают, что это сказка, а не работа – целыми днями торчат возле ВИПа!..* (МК. – 23.06.2012)⁵.

У носителя языка возникают проблемы и с определением родовой принадлежности иноязычных аббревиатур. Так, на вопрос, «как правильно написать: "моя первая ММС" или "мое первое ММС"? (ММС – сообщение, вроде SMS, но не просто текст, а музыка или картинка)», справочная служба портала «Грамота.ру» отвечает, что «"ММС" среднего рода, поэтому корректно: "мое первое ММС", хотя существительное "эмэмэска" женского рода» [<http://www.gramota.ru/spravka/buro/?page=3727>]. Ср. также: – *Ты получил мое СМС? – СМС? Какое?* (Фильм «Всегда говори "да"»). В то же время «Русский орфографический словарь» под ред. В. В. Лопатина допускает употребление этой аббревиатуры в значении как среднего, так и женского рода⁶.

⁴ Ср.: «... чтобы подчеркнуть различие между книжным литературным языком и РР (разговорной речью – С.Ш.), целесообразно применять по отношению к первому определению кодифицированный» [29, с. 26].

⁵ Сходные процессы наблюдаются и среди исконно русских аббревиатур. Ср., например, употребление склоняемых форм аббревиатуры ОП (общественная палата) на страницах саратовских изданий: общественно-политического и экономического журнала «Общественное мнение», газеты «Четвертая власть» и др.: «Реформировать ОПу!», «Член ОПы напомнил Анидалову лже-беременную на московском митинге» и т. п.

⁶ Ср.: «Какая у тебя в телефоне последняя смс?» [<http://kote97.beon.ru/13195-145-smska.zhtml>].

Показательной в этом отношении является и развернувшаяся на одном из интернет-сайтов [www.askme.ru] дискуссия на тему «Какого рода слово СМС?». Интересно, что участники дискуссии не только пытаются определить родовую принадлежность аббревиатуры, но и отмечают наличие у нее в русском языке двух значений: 1) служба, 2) сообщение (в то время как в английском языке она употребляется только в первом значении и семантически равна исходному многокомпонентному сочетанию). Первое значение реализуется в контекстах типа *Услуга SMS-запросы представляет собой разовое получение интересующей вас информации по различным тематикам...* (Справочник абонента БИЛАЙН GSM); «Скай Линк-Москва» открыл **SMS-роуминг** в 10 регионах [www.skylink.ru]. Второе значение является метонимическим: наименование службы переносится на наименование результата ее деятельности: *Группа компаний СТРИМЛАН предлагает следующие сервисы для абонентов мобильной связи: картинки для телефона, музыка для телефона, анимация, темы, игры для телефона, SMS-FUN, SMS-ИНФО 511 (информационные SMS, прикольные SMS, любовные SMS, SMS-поздравления и прочее)* [http://333.by/index.php].

Интересны случаи, когда заимствованные аббревиатуры вступают в системные отношения с исконными единицами (причем, эти связи осознаются носителями языка). Так, например, русифицированная аббревиатура SMS (СМС) выступает омонимом аббревиатуры СМС в значении «синтетическое моющее средство», утратившей к началу XXI в. свою актуальность для носителей русского языка; ср. следующий пример с сайта Издательского дома «Алтапресс»: *О чем подумает нынешняя мобильно-продвинутая молодежь, когда прочитает или услышит такую фразу: "В декабре каждому барнаульцу полагается одна пачка СМС"? Я уверен, что большинство тинейджеров будет уверено, что кто-то из операторов сотовой связи "замутил" очередную рекламную акцию, связанную с тарифами.*

А на самом деле это всего лишь одна строчка из газетной новости в "Свободном курсе" о перечне продуктов и других товаров, отпускаявшихся по талонам жителям краевого центра в январе 1992 года. И аббревиатура СМС означает не что иное, как "синтетическое моющее средство" (попросту – стиральный порошок)... [http://altapress.ru/story/60613/].

Таким образом, развитие лексической и словообразовательной систем русского языка рубежа XX–XXI вв. характеризуется активным заимствованием аббревиатур, в том числе и терминологического характера. Наглядным примером могут служить аббревиатуры – термины мобильной связи.

Наиболее яркими признаками адаптации иноязычных аббревиатур-терминов к системе русского языка можно считать следующие: а) их лексикализация (трансформация в немотивированное корневое слово), б) переосмысление, т. е. приобретение новых значений в русском языке, в) графическое переоформление, т. е. передача их средствами кириллической графики, г) активное включение в деривационный процесс – формирование словообразовательных гнезд, как правило,

д) социализация аббревиатур (принятие их обществом, широкое употребление в разговорной речи), е) приспособление к грамматической системе русского языка, ж) формирование системных связей с исконно русскими словами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьева Н. В. Некоторые общие тенденции развития русского и польского языков в новейшее время // Русский язык: исторические судьбы и современность: Тез. Междунар. конгресса. МГУ. 2001. – URL: http://www.philol.msu.ru/~rlc2001/abstract/files/sopost_rus.doc.
2. Шелковина И. П. Обновление лексики современного немецкого языка путем аббревиации // Сборник научных трудов. Серия «Гуманитарные науки». Вып. 6 / Северо-Кавказский гос. техн. ун-т. – Ставрополь, 2001. – С. 117–119.
3. Шаповалова А. П. Опыт построения общей теории аббревиации (на материале французских сокращенных лексических единиц): автореф. дис. ... докт. филол. наук. – Нальчик, 2004. – 46 с.
4. Ярмашевич М. А. Аббревиация в современных европейских языках: автореф. дис. ... докт. филол. наук. – Саратов, 2004. – 40 с.
5. Розыева А. Х. Аббревиатуры в современном туркменском языке: автореф. дис. ... канд. филол. наук. – Ашхабад, 1991. – 20 с.
6. Сахибгареева Л. Ф., Гарипов Т. М. Проблема аббревиации в разноструктурных языках: деривационно-номинативные аспекты // Вестник БГПУ. Серия Гуманитарные науки. – 2001. – № 1, 2. – URL: <http://www.iz.bspu.ru/index.php&in=vestnik/saxb.html>.
7. Щукин А. А. Современная китайская аббревиатура: справочник. – М.: Аст: Восток – Запад, 2004. – 78 с.
8. Кудоярова Т. Н. Словообразовательные процессы в современном японском языке на примере лексикализации аббревиатур РЯКУГО: автореф. дис. ... канд. филол. наук. – СПб., 2009. – 20 с.
9. Громова Н. В. Способы аббревиации (на материале языка суахили) // Ломоносовские чтения. Секция Востоковедение. – МГУ, 2003. – URL: <http://www.iaas.msu.ru/res/lomo03/gromova.html>.
10. Лашкова Г. В. Аббревиация как один из способов пополнения терминологического фонда современных языков (на материале терминологии вычислительной техники в английском и русском языках): автореф. дис. ... канд. филол. наук. – Саратов, 1983. – 17 с.
11. Ярмашевич М. А. Особенности образования и функционирования аббревиатур в разных стилях и жанрах. – Саратов: Изд-во СГУ, 2002. – 196 с.
12. Борисов В. В. Аббревиация и акронимия. Военные и научно-технические сокращения в иностранных языках. – М.: Воениздат, 1972. – 320 с.
13. Солопов В. И. Образование и лексикализация аббревиатур в устной военной коммуникации (на

- материале русского и английского языков): автореф. дис. ... канд. филол. наук. – М., 1989. – 23 с.
14. Ожогин Е. Н. Аббревиатуры в военном подъязыке: автореф. дис. ... канд. филол. наук. – М., 1999. – 21 с.
 15. Кочарян Ю. Г. Аббревиация в английской военной лексике: автореф. дис. ... канд. филол. наук. – М., 2007. – 22 с.
 16. Арзуманов Г. Г. Аббревиатуры в английской научно-технической литературе. – Баку: Издание АЗИНЕФТЕХИМа, 1980. – 34 с.
 17. Краев А. Д. Лексические и синтаксические аспекты аббревиации (на материале английской научно-технической литературы по энергетике): автореф. дис. ... канд. филол. наук. – Л., 1986. – 22 с.
 18. Еремина Г. Г. Сравнительное описание медицинской терминологии, образованной по способу аббревиации (на материале французского и русского языков): автореф. дис. ... канд. филол. наук. – Одесса, 1992. – 19 с.
 19. Мазнева Ю. А. Аббревиированные юридические термины: структурно-семантический, системно-функциональный и когнитивно-дискурсивный аспекты: на материале современного английского языка: автореф. дис. ... канд. филол. наук. – Ростов н/Д, 2011. – 23 с.
 20. Кубышко И. Н. Структурно-семантические особенности сокращений в космической терминологии английского языка: автореф. дис. ... кандидат филол. наук. – Омск, 2006. – 26 с.
 21. Судовцев В. А., Судовцев А. В. Терминология по электросвязи: Аббревиатуры и акронимы, используемые в научно-технической литературе на английском языке. – М.: Радио и связь, 1994. – 160 с.
 22. Зубова Л. Ю. Английские медицинские аббревиатуры как часть профессиональной языковой картины мира: на фоне их русских и французских аналогов: автореф. дис. ... канд. филол. наук. – Воронеж, 2009. – 22 с.
 23. Куткина А. Ю. Аббревиация в русской и немецкой политической терминологии как проблема перевода: автореф. дис. ... канд. филол. наук. – М., 2011. – 19 с.
 24. Словарь терминов мобильной связи. – URL: <http://www.mobiset.ru/glossary/>
 25. Словарь англоязычных терминов мобильной связи. – URL: <http://www.trubka.ru/>
 26. Мурычева А. С. Структурно-функциональные особенности конфронтируемых аббревиатур (на материале англо-американской периодики): автореф. дис. ... канд. филол. наук. – М., 1991. – 15 с.
 27. Гак В. Г. Синтетизм // Большой энциклопедический словарь. Языкознание / Гл. ред. В. Н. Ярцева. – М., 2000. – С. 451.
 28. Лопатин В. В. Новое в русском языке советской эпохи // Русский язык в школе. – 1987. – № 5. – С. 70–77.
 29. Русская разговорная речь / отв. ред. Е. А. Земская. – М.: Наука, 1973. – 486 с.
 30. Немченко В. Н. Современный русский язык. Словообразование. – М.: Высшая школа, 1984. – 255 с.
 31. Шумарин С. И. К вопросу об аналитических прилагательных в современном русском языке // Активные процессы в современной грамматике: матер. междунар. конф. 19-20 июня 2008. – М. – Ярославль: Ремдер, 2008. – С. 288–291.
 32. Бирюкова Е. А. Функционирование аббревиатур в современной речи: автореф. дис. ... канд. филол. наук. – М., 2007. – 20 с.
 33. Алиев А. «Упорядоченный порядок» // КомпьюТерра плюс. – 2004. – № 26 – URL: <http://www.region.computerra.ru/offline/2004/200426>.
 34. Баранова Л. А. Словарь аббревиатур иноязычного происхождения. – М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2009. – 320 с.
 35. Правила русской орфографии и пунктуации. Полный академический справочник / под ред. В. В. Лопатина. – М.: Эксмо, 2006. – 480 с. – URL: <http://slovari.yandex.ru/>.

Материал поступил в редакцию 08.10.12.

Сведения об авторе

ШУМАРИН Сергей Иванович – кандидат филологических наук, доцент, заведующий кафедрой русского языка Балашовского института (филиала) Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, докторант кафедры русского языка МПГУ
E-mail: sshumarin@yandex.ru

И.В. Якушевич

Лингвокогнитивная модель символа

Описываются знаковые, логические и языковые особенности моделирования символа как уникальной образной константы, инвариантной в культуре народа и варьируемой в речи. Под моделью символа понимается лексико-синкретичный конструкт, который состоит из двух лексем, называющих уподобляемые друг другу денотаты – чувственный образ и метафизическую реальность (Бог, мир, душа, природа и пр.). Лингвокогнитивная модель символа не только адекватно описывает сложную природу символизации, но и является оптимальной единицей декодирования символа в тексте.

Ключевые слова: модель, лексема-символ, знак, реноминация, синкрета, подобие, лексико-семантическое поле

Законы рациональной логики, как всякая искусственно созданная система, не могут охватить всего разнообразия устанавливаемых человеческим сознанием связей между явлениями реальной действительности. Большая часть сознания, и особенно подсознания, функционирует в формах ассоциативного мышления, доминирующего в таких видах алогической ментальной активности, как переживание, прорицание, фантазирование, сновидение, художественное творчество, не мыслимых без символизации, которое, как и всякое мышление, создает в языке новые ментальные пространства, конструируемые согласно законам языка. В центре нашего исследования – модель символа, принятая нами за единицу его анализа и оформленная как соотношение двух лексем. В процедуре описания такой модели выделим два этапа: семиотический, предполагающий анализ структуры, референции и связи между компонентами символа, и лингвистический – лексико-семантический анализ модели, реализованной в языке и речи.

Символ в науке одно из самых многозначных и междисциплинарных понятий, для толкования которого существует столько же определений, сколько научных концепций включают его в свой мета-язык. Но в основе всех толкований лежит знаковая структура символа: **A**→**B**, т. е. «**A** означает (символизирует) **B**». **A** – означающее, материальный носитель некоего чувственно воспринимаемого образа (предмет, свойство, действие или состояние). Означающее может быть выражено вербально и невербально. Материальным носителем невербальных символов может быть художественное изображение (рисунок, живопись, скульптурная композиция, предметы народного промысла, ювелирные украшения и пр.), процесс или жест, эмпирически воспринимаемые предметы, даты, звуки. Вербальные символы материализованы сло-

вом или любой языковой конструкцией и находятся в зоне нашего пристального внимания.

B – означаемое, основополагающие метафизические представления о мироустройстве и человеческом бытии: мир, Бог, жизнь, смерть, душа, природа и пр. Понятия такого глобального абстрагирования непознанны, поэтому чувственный образ **A** (означающее) является инструментом ассоциативного познания объекта **B** (означаемого). Например, чувственно воспринимаемый образ моста является принципом понимания смерти как перехода по радуге через мифическую небесную реку в страну мертвых [1, т. III, с. 282].

Означающее в виде слова усложняет двухкомпонентную структуру символа: материальным носителем символа является лексема, которая, как знак, имеет свое означающее (фонемный ряд) и свое означаемое (значение некоего чувственно воспринимаемого предмета, признака, действия). В свою очередь, словесный знак сам является предметом означения [2]: чувственный образ соотносится с символическими значениями, закрепленными за ним культурой народа. Например, означающее **A** символа **СНЕГ** (лексема «снег») состоит из фонемного ряда <сн'эк> и двух прямых понятийных значений, создающих образно-эмпирическое представление о денотате: а) «твердые атмосферные осадки, выпадающие из облаков в виде белых звездообразных кристалликов или хлопьев, представляющих собой скопление таких кристалликов», 2) «сплошная масса таких осадков, покрывающая какое-либо пространство» [3]. Означаемое **B** состоит из семи символических значений, выявленных нами на основании **повторяющихся данных** в нескольких словарях символов [4-8]:

- 1) смерть, болезнь; 2) чистый, светлый; 3) брак;
- 4) тщетность чего-либо; 5) негативные переживания;
- 6) сон; 7) плодородие, здоровье (рисунок).

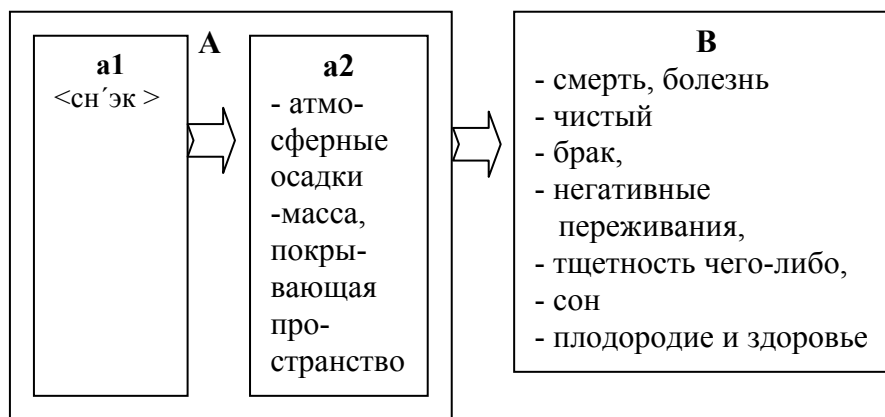


Рис.1. Лексико-семантическая структура лексемы-символа *снег*

Символ, выраженный словом, неизбежно соотнесен с каким-либо денотатом. Не вторгаясь в сферу терминологических споров о содержании терминов «денотат» и «референт», примем в нашем исследовании термин «денотат», который употребляется в самом широком смысле: это не только один предмет или представление о целом классе предметов, но «любой фрагмент действительности и представление о нем» [9]. Главный дифференциальный признак символа как знака – то, что безусловно отличает его от метафоры, – полиденотативность, которая заключается не только в соотнесенности каждого компонента символа со своим денотатом, но и в равноправном сосуществовании минимум двух подобных параллельных фрагментов действительности. Символизация предполагает мышление о денотатах как о сосуществующих фрагментах действительности со своим временем и пространством, как о параллельных мирах (вспомним о знаменитом символическом «параллелизме» А. Н. Веселовского), уподобляемых и на этом основании объединенных в некую целостность.

Так, в стихотворении З. Гиппиус «Тишь» реальность безмолвного зимнего города подобна реальности печали в сердце лирической героини: *На улицах белая тишь // Сердце, отчего ты молчишь?* Обе реальности сосуществуют, но в разных фрагментах действительности, наполняя символическим смыслом друг друга: зимний город подобен печальной душе и, наоборот, душа лирической героини напоминает *белую тишь* города. В городе *тихий снег, тих как мертвый*, и в сердце тихий плач; над городом *окровавленный щит* луны, и в душе смута. Лирическое «я» полноправно царит в реальности души и только угадывается в эпитетах городского пространства (*тихий снег, окровавленный щит* луны), в гиперболизации повтора *такая тихая, такая тишь*.

Итак, моделью символа мы называем двухкомпонентный полиденотативный знак, означаемое которого выражено словом и обобщенно называет чувственный образ, подобный некоему метафизическому представлению о мироздании и человеке, также выраженному словом. Именно эту конструкцию мы называем «моделью», т. е. неким «образцом», предполагающим «копии».

Обратимся к нескольким проявлениям символа как модели, опираясь на труды А. Ф. Лосева [10], Ю. М. Лотмана [11] и на работу Ю. А. Гастева [12]. Сформулируем основные свойства символа как модели.

1. Между компонентами символа устанавливается подобие, которое выражается в соответствии:

- количества элементов означаемого и означающего;
- отношений между элементами означаемого и означающего;
- логических предикатов означаемого и означающего (конгруэнтность предикатов). Такое подобие называется изоморфизмом. Если структура одного из компонентов символа обобщена (разная степень неразличения его элементов), то структура означающего становится принципом построения означаемого до состояния их полной ассоциативной корреляции. Такое подобие называется гомоморфизмом. Изоморфизм следует считать частным проявлением гомоморфизма.

2. Означаемое и означающее модели символа комплектуют некую целостность.

3. Поскольку модель есть некий концентрат мысли и образец, предполагающий свое воплощение в копии или в ряде копий, то оба компонента модели предельно обобщены. Следовательно, означающее символа – максимально обобщенный образ, а означаемое – система инвариантных смыслов.

4. Модель символа как инвариант предполагает варианты своей репрезентации в различных текстах.

5. Естественным свойством символической модели, является суггестивность – обязательное полагание означаемого при его отсутствии (в контексте или вне его).

Суггестивность обусловлена:

- целостностью модели как знака и, как следствие, невозможностью существования его компонентов по отдельности;
- инвариантностью модели и принадлежности ее культуре народа;
- механизмом подобия.

Рассмотрим подробнее свойства модели символа.

Между компонентами символа устанавливается подобие

В работе «Проблема символа и реалистическое искусство» А. Ф. Лосев объяснил природу символической связи: понятие-означающее является орудием познания, тем, что не только обозначает нечто отличное от себя, но и является «методом ориентации в ней, методом ее распознавания, принципом превращения ее для человека из плохо сознаваемого или даже совсем не тронутого никаким познанием хаоса в расчлененный и познаваемый космос» [10, с. 168]. Означающее проливает свет на непознанное означаемое и, конструируя его, создает феномен символа. Например, для суеверного человека погасшая или упавшая церковная свеча (понятие-означающее) порождает новую действительность – болезнь или смерть субъекта или его близких. Примером порождения новой действительности означаемого является также трактовка сновидения, поскольку, какие бы смутные образы ни посещали сновидца, пересказывая сон, он вносит в этот хаос бессознательного повествовательный порядок, основанный на рациональной логике, и порождает тем самым новую, сновидческую, реальность.

Представление о символизации А. Ф. Лосева, не только философа и филолога, но и математика, наиболее понятно в свете теории модели Ю. А. Гастева [12], который пишет о двух видах моделирования – **гомоморфизме** и его разновидности – **изоморфизме**.

Изоморфизм – это такое подобие двух компонентов модели, представленных как система элементов, при котором совпадают: 1) состав элементов каждой из отождествляемых систем; 2) количество элементов каждой отождествляемой системы; 3) структура отождествляемых систем и все отношения между элементами системы; 4) все логические предикаты одного компонента соответствуют предикатам другого компонента [12, с. 32]: «эта инвариантность относительно интересующих нас предикатов является одновременно и руководящим правилом, по которому производится отождествление» [12, с. 59]. Последнее заключение связано с понятием конгруэнтности – отношения эквивалентности между операциями, произведенными на одном и на другом компоненте подобия.

В качестве примера приведем одно из значений символа ДОМ→ ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА: крыша и чердак→голова; окна→глаза; дверь → рот; стены→торс; очаг, печь и пр.→сердце, подвал→низ живота, инстинкты, подсознательное. Каждый из компонентов подобия (означаемое и означающее – ДОМ и ТЕЛО) представляет собой систему с вертикально-горизонтальным соотношением элементов пространства: ‘верх-низ’, ‘лево-право’; при этом в каждой системе есть центральная и самая важная часть (очаг→сердце) и есть отверстия, выводящие за предел системы (окна→глаза). Любой элемент одной системы конгруэнтен соответствующему элементу другой системы (крыша→голова, дверь→рот и т.д.). При этом, если мы произведем некую, например семантическую, операцию над означающим символа, то с означаемым произойдет то же самое. Так, мокрые окна могут символизировать заплаканные глаза. В данном примере уподобляемые компонентами

ОКНО→ГЛАЗ, а логические предикаты в виде эпитетов – их признаки: ‘мокрый’ и ‘заплаканный’. Явление конгруэнтности в модели тождества чрезвычайно важно для описания различных языковых вариантов той или иной модели символа в поэтическом тексте.

Гомоморфизм – это также механизм уподобления, но несколько иной, нежели изоморфизм. Ю. А. Гастев писал, что совершая «гомоморфное преобразование» какого-либо объекта, «упрощаем» его. Это значит, что «некоторые его составляющие (удобнее, пожалуй, говорить в таких случаях об «элементах», рассматривая «объект» как «совокупность», «класс», «множество» и т. п.) мы перестаем различать», т. е. обобщаем до единого, не воспринимаемого как множество элементов [12, с. 19]. В структуре символа нерасчлененным (гомоморфным), как правило, является представление об означаемом – абстрактном и непознанном понятии. Структура означающего становится принципом «ориентации» в означаемом, его семантизацией. Так, у символа ДОМ есть другое значение – ‘ДУША’. Об изоморфизме этих компонентов говорить нельзя, поскольку понятие «душа» абстрактно. Но пространственная организация образа дома экстраполируется на семантику означаемого и автоматически структурирует его. В символическом познании у души тоже обнаруживаются ‘верх’ и ‘низ’, ‘лево’ и ‘право’, есть некий центр (любовь) и т.д. По нашему мнению, гомоморфизм и является тем «орудийным» образным познанием метафизических сущностей, о котором писал А. Ф. Лосев.

Означаемое и означающее модели символа комплектуют некую целостность

Целостность лексемы-символа как полиденотативного знака обуславливается лексико-семантическим синкретизмом, который в самом общем виде представляет собой семантическую нерасчлененность или одновременное функционирование нескольких значений лексемы. Лексико-семантический синкретизм доминировал в лексике древнерусского языка, но частично проявляет себя и в современном языке, возникая в тех контекстах, где в речи появляются символы. Для В. В. Колесова синкрета и символ взаимообусловлены, так как синкрета – это «понятие, представленное как образ и воплощенное в символе» [13, с. 43]. Именно синкрета соответствует трехкомпонентной структуре символа (материальный носитель – образ-понятие – символическое значение): «Синкретизм предполагает совпадение в сознании – слова (знака), понятия (представления) и предмета (вещи) в едином». А значит, синкрета, как лексико-семантическая модель символа, явление полиденотативное и формирует «восприятие эквивалентности как единой возможности вполне сознательно противопоставить и тем самым осознать равнозначные, т.е. равноценные объекты» [13, с. 159].

Синкретизм лексико-семантической модели символа проявляется в том, что само тождество означающего и означаемого представляет собой некую целостность, континуальность, а не дискретность. Эта целостность ближе к природе идиоматической

целостности, а не к синтагматической расчлененности. Следствием этого единства является, во-первых, тот факт, что модель символа инвариантна и легко воспроизводится в сознании носителя культуры, подобно фразеологическим единицам; во-вторых, то, что восприятие целостности лексемы-символа – это суггестивность как способность означающего вне контекста вызывать в памяти и воспроизводить опущенное и неактуализированное контекстом означаемое.

Означающее и означаемое модели символа, выраженного словом, предельно обобщены

Именно максимальной семантической обобщенностью компонентов символической модели обусловлены, с одной стороны, ее инвариантность, а с другой – способность порождать многочисленные варианты. Если компоненты модели выражены лексемой (СНЕГ→СМЕРТЬ), то инвариантно-вариативным принципом ее описания является лексико-семантическом поле – «иерархическая структура множества лексических единиц, объединенных общим (инвариантным) значением и отражающих в языке определенную понятийную сферу» [14].

Объединяющим началом для поля является наличие общего для всех членов поля гиперонима (иначе слова-доминанты, идентификатора и пр.), совпадающего с именем поля и включаемого в качестве архисемы в лексико-семантическую структуру каждого члена поля. У традиционного лексико-семантического поля одно имя. Однако мы имеем дело не с обычной моноденотативной лексемой, а с полиденотативной лексемой-символом. Поэтому лексико-семантическое поле такого знака будет иметь два имени: первое – имя означающего, второе – имя означаемого. Иными словами поле лексемы-символа – полицентрично. О возможности конструирования такого типа лексико-семантического поля писал А. В. Бондарко, правда, в его труде речь идет о функционально-семантическом поле, в основу которого положена общеязыковая семантическая категория, например, такая как таксис, количественность, качественность и др. [15, с. 311].

Имя лексико-семантического поля символа – два гиперонима – означающего и означаемого, находящихся в отношении подобия. Каждый гипероним формирует вокруг себя микрополя, которые мы назовем микрополем означающего и микрополем означаемого. Именем микрополя является однозначная или многозначная лексема в первичном номинативном значении, называющая понятие о чувственном образе, явлении, действии, признаке.

Модель символа как инвариант предполагает варианты своей репрезентации в различных текстах

Инвариантность символа заключается в том, что в контексте культуры он существует как константная максимально обобщенная модель, закрепленная в национальном сознании народа и способная порождать многочисленные варианты как в контексте культуры так и в авторском тексте. Так, И. С. Нарский значение символа рассматривает как мысленный эквивалент-

инвариант, варианты которого сохраняют это эквивалентное значение как ядерное: «Устойчивость информативной структуры при её перемещениях внутри знаковой ситуации от одних её элементов и их сочетаний к другим» [16, с. 45].

Как инварианты, гиперонимичные компоненты модели символа предполагают гипонимы-варианты, которые, согласно терминологии В. Г. Гака, назовем вариантами-реноминациями символа. Реноминацией называется «переход от наименования одной семантической структуры к наименованию другой семантической структуры» [17, с. 468].

В. Г. Гак выделяет пять основных отношений между понятиями с общим денотатом: равнозначность – полное или частичное совпадение объемов двух понятий, подчинение – расширение или сужение объема понятия, внеположенность – «использование для наименования данного понятия смежного понятия в пределах одного родового понятия») контрадикторность – отношение взаимоисключения, ассоциативный перенос – метафора [17, с. 470-471]. Эти логические операции соответствуют следующим типам реноминаций микрополя означающего:

1) равнозначность, во-первых, словообразовательной деривации (*снежок, снеговой, белоснежный, снегопад, подснежник, снегирь, и др.*); во-вторых, синонимии (*осадки, пурга, метель, пороша*).; в-третьих, лексико-семантическому повтору в составе текстовой тематической группы (ТТГ – парадигма слов разных частей речи, имеющих в данном тексте минимум одну общую сему [18];

2) подчинение – гиперо-гипонимии, в том числе и детализации (*снежинка, хлопья, крупа и др.*);

3) контрадикторность – комплементарным антонимам (*снежный – бесснежный*);

4) внеположенность – метонимии (*сугроб, снежная крупа, сани, лыжи, лыжня, каток, занос*);

5) ассоциативный перенос – метафоризации (*ковер (снежный), серебро, кружево (морозное)*);

6) список логико-семантических «ходов» пополним операцией преувеличения или приуменьшения различной степени, соответствующей гиперболе или литоте (*снегопад – метель, снежная крупа – снежные хлопья*).

Обозначение даже ограниченного круга реноминаций модели символа значительно облегчает ее поиск в контексте. Так, в стихотворении И. Бродского «На смерть Т. С. Элиота» означающее модели СНЕГ→СМЕРТЬ реализована ТТГ с архисемой 'снег':

Он умер (В) в январе (А), в начале года.

Под фонарем стоял мороз(А) у входа.

Не успевала показать природа

Ему своих красот кордебалет.

От снега (А) стекла становились уже.

Под фонарем стоял глашатай стужи (А).

На перекрестках замерзали (А) лужи.

ТТГ «зима»: январь, мороз, снег, стужа, замерзание. Зарисовка городского пейзажа приобретает символическое значение 'смерть', благодаря вербализованному в первой строке означаемому *Он умер в январе*. В составе ТТГ есть языковые синонимы *мороз и стужа* [19, с. 477]. Стихотворение «На смерть Т. С. Элиота» многие критики считают прижизнен-

ной эпитафией. И. Бродский писал, что "январь" — не самый счастливый месяц для него. Он скончался 26 января 1996 г., и "На смерть Т.С. Элиота" также датировано январем.

Обратимся к стихотворению Б. Пастернака «Больной следит» из цикла «Болезнь» и рассмотрим речевую реализацию модели символа СНЕГ→БОЛЕЗНЬ:

Больной следит. Шесть дней подряд

Смерчи беснуются без устали.

По кровле катятся, бодрят,

Бушуют, падают в бесчувствии.

Средь вьюг (А) проходит Рождество.

Он видит сон: пришли и подняли.

Он вскакивает: «Не его ль?»

(Был зов. Был звон. Не новогодний ли!)

Вдали, в Кремле гудит Иван,

Плывет, ныряет, зарывается.

Он спит. Пурга, как океан (А)

В величье, - тихой называется.

Декабрьские метели 1918 г. как никогда зверствовали в Москве. Даже появилась снеговая повинность - мобилизация «нетрудового населения» на расчистку занесенных снегом улиц и железнодорожных путей. С наступлением зимы и холодов Б. Пастернак заболел инфлюэнцей. Эпидемия вирусного гриппа унесла в тот год множество жизней. Болезнь переходила в воспаление легких, и ослабленный недоеданием и усталостью Б. Пастернак находился в критическом состоянии [20, с. 333]. Этот кризис и описывает поэт в стихотворении.

Означающее модели СНЕГ→БОЛЕЗНЬ выражено совокупностью повторных номинаций одной ТТГ с общими архисемами 'снег' и 'ветер': *смерчи, вьюги, плыть, нырять, зарываться, пурга*. ТТГ неоднородна, так как включает помимо прямых номинаций метели (*смерч, вьюга, пурга*) метафорические глаголы стучащего по кровле снега (*бесноваться, катиться, бодрить, бушевать*) и замеченной снегом колокольни Ивана Великого (*плыть, нырять, зарываться*).

В градационный ряд выстраиваются прямые номинации метели: 1) *смерч*, 2) *вьюга*, 3) *пурга*. Самую неистовую метель Б. Пастернак называет *смерчем*; «это вихрь, возникающий в грозном облаке, поднимающий столбом воду, песок» [21, с. 760]. *Вьюга* - «снежная буря» [21, с. 123] - менее интенсивна, но ее масштабы подчеркивает форма множественного числа (*вьюги*). *Пурга* - полный синоним вьюги, но в контексте стихотворения менее интенсивна: тише и плавнее ее. Снижение силы бурана поэт передает с помощью «переклочения» на единственное число (*вьюги // пурга*) и сравнения с Тихим океаном: *пурга, как океан в величье тихой называется*. Эпитет «тихая» имеет диффузное значение: это указание на имя собственное (Тихий океан) и прямая характеристика пурги. Даже если сопоставить метафорические глаголы бурана в начале и в конце стихотворения (*бесноваться, катиться, бодрить // плыть, нырять, зарываться*), то становится очевидно, что к финалу ветер стихает, его потоки становятся более плавными, так что Москва словно бы погружается в океан.

Градация означающего ведет и к градации означаемого: болезнь лирического героя ослабевает. Во сне он видит, что за ним пришли и сразу понимает,

что это «визитеры» смерти. Но он просыпается, а не уходит с ними: *Он вскакивает: «Не его ль?»*. Болезнь длится все рождественские праздники, и светлый праздник, возможно, помогает пересилить недуг.

Другая модель, где снег - означаемое: БЕЛЫЙ→СНЕГ, находит отражение в рекламе: например, слоган для рекламы офисной бумаги звучит так: *«Снегурочка - бумага для офисной техники Сыктывкарского ЦБК. Не подводит! Факт! Снегурочка белее снега»*. Речевые варианты модели символа: **А** - *снегурочка, снег*; **В** - *белее*. Эта же модель воплощена в словообразовательном деривате от *белый и снег - белоснежный* [22].

Естественным свойством символической модели, является суггестивность

Суггестивность символа (от лат. suggestio внушение, намек) - «способность образа наводить на скрытый смысл, подсказывать, вызывать дополнительные ассоциации» [23, с. 198]. Выделяются две степени суггестивности символа: 1) образ-означающее воспроизводит сложившееся в культуре означаемое («парадокс Робинзона»); 2) образ-означающее вызывает индивидуальные ассоциации, интерферирующие с общекультурной символической моделью. «Парадокс Робинзона» - значимое отсутствие означаемого - был впервые сформулирован К. Леви-Строссом и проанализирован В. Делёзом в его труде «Логика смысла». Этот принцип заключается в том, что означаемое символа может быть «утоплено», т. е. формально никак не выражено. Но это вовсе не значит, что его нет: оно задано как интенция чувственного образа, как необходимость его символического истолкования [24, с. 150]. В тексте «парадокс Робинзона» демонстрируется одночленными символами, у которых названо только означающее, а означаемое не вербализовано, но отчетливо подразумевается. Существует множество фольклорно-литературных жанров с обязательным отсутствием означаемого, в частности загадки, где восстановление отсутствующего компонента символа - необходимый акт, без которого невозможно понять текст как целое, например, в русской загадке: *Зимой греет, весной тлеет, летом умирает, осенью оживает* - реализована модель СНЕГ→СМЕРТЬ, при этом означающее выражено номинацией *умирает*, а означающее - сама отгадка, т. е. *снег*.

Еще пример одночленного символа: в знаменитой пушкинской «Сказке о мертвой царевне и семи богатырях» прежняя жена царя-батюшки тосковала по мужу; на ее переживание косвенно указывает восклицание: *Не видать милого друга! (В1)*. Силу тоски передает зимний пейзаж: *Только видит: вьется вьюга, Снег ложится на поля, Вся белешенька земля (А)*. Оба фрагмента реализованы согласно модели СНЕГ→1) ТОСКА, 2) СМЕРТЬ. Второе значение символа следует из последующих событий сказки: *царица, дождавшись мужа, восхищенья не снесла и к обеду умерла (В2)*. Таким образом, картина падающего снега не только символически иллюстрирует тоску царицы, но и предвещает ее смерть.

Итак, символ, выраженный вербально вне контекста, представляет собой синкретичное соотношение двух лексем-гиперонимов, обозначающих подобие между образом и абстрактно-мистическим значением. Модель инвариантна вне языка, а в речи варьируется за счет многочисленных вариантов – лексем-гипонимов. Значимость описания такой лингво-семиотической модели заключается в том, что она не только позволяет глубоко и адекватно описать феномен символизации, объясняя образность, инвариантность и суггестивность символа, но и является функциональной единицей его анализа в речи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев А.Н. Поэтические воззрения славян на природу: в 3-х т. – М.: Индрик, 1994.
2. Барт Р. Миф сегодня // Избранные работы: Семиотика. Поэтика. – М.: Издательство имени Сабашниковых, 2004. – С.72-130.
3. Словарь русского языка: в 4 т. / под. ред. А.П. Евгеньевой. – 4-е изд. стер. – М.: Русский язык: Полиграфресурсы, 1999. – URL: <http://feb-web.ru/feb/mas/mas-abc>.
4. Бауэр В., Домотц И., Головин С. Энциклопедия символов. – М.: Крон-пресс, 2000.
5. Копалинский В. Словарь символов. – Калининград: Янтарный сказ, 2002.
6. Мифы народов мира. Энциклопедия: в 2-х т. – М.: Советская энциклопедия, 1992.
7. Керлот Х.Э. Словарь символов. – М.: Refl-book, 1994.
8. Тресиддер Д. Словарь символов. – М., 2001.
9. Солодуб Ю.П., Альбрехт Ф.Б. Современный русский язык. Лексика и фразеология (сопоставительный аспект). – М.: Флинта, Наука, 2002.
10. Лосев А.Ф. Проблема символа и реалистическое искусство. – 2-е изд. испр. – М.: Искусство, 1995. – 320 с.
11. Лотман Ю.М. Искусство и проблема модели // Ю.М. Лотман и тартуско-московская школа. – М.: Гнозис, 1994. – С. 46-58.
12. Гастев Ю.А. Гомоморфизмы и модели. Логико-алгебраические аспекты моделирования». – М.: Наука, 1975. – 151 с.
13. Колесов В.В. Философия русского слова. – СПб.: Юна, 2002. – С.37.
14. Новиков Л.А. Значение эстетического знака // Филологические науки. – 1999. – № 5. – С. 83-91.
15. Бондарко А.В. Проблемы функциональной грамматики. Полевые структуры. – СПб.: Наука, 2005. – 480 с.
16. Нарский И.С. Проблема «значения» в теории познания // Проблема знака и значения. – М.: МГУ им. М.В. Ломосова, 1969. – С. 5-54.
17. Гак В.Г. Языковые преобразования. – М.: Школа «Языки русской культуры», 1998. – С. 453-497.
18. Новикова Н.С. Тематическая группа как семантический компонент текста // Русский язык в национальной школе. – 1985. – № 5. – С.8-13.
19. Александрова З.Е. Словарь синонимов русского языка: Практический справочник. 9-е изд. – М.: Рус. яз., 1998. – 495 с.
20. Пастернак Е.Б. Борис Пастернак. Материалы для биографии. – М.: «Советский писатель», 1989. – 688 с.
21. Ожегов С.И. Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. – М.: АЗЪ, 1993. – 960 с.
22. Тихонов А.Н. Школьный словообразовательный словарь русского языка: пособие для учащихся. – М.: Просвещение, 1991. – С.433.
23. Веселовский А.Н. Историческая поэтика. – М.: Высшая школа, 1989. – 648 с.
24. Делез Ж. Логика смысла. – М.: Академия, 1995. – 299 с.

Материал поступил в редакцию 19.11.12.

Сведения об авторе

ЯКУШЕВИЧ Ирина Викторовна – кандидат филологических наук, доцент кафедры теории и практики текста и методики преподавания русского языка Московского городского педагогического университета
E-mail: sal1107@yandex.ru

СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

УДК [001.891:004.8](470)

М.А. Михеенкова, Е.Г. Дружинина

О состоянии и перспективах российских исследований в области искусственного интеллекта (по материалам конференции КИИ-2012)

Охарактеризованы основные направления исследований в области искусственного интеллекта на материале докладов, представленных на XIII национальной конференции (с международным участием) по искусственному интеллекту.

Ключевые слова: КИИ-2012, искусственный интеллект, интеллектуальные системы, интеллектуальный анализ данных, моделирование рассуждений, нечёткие модели, мягкие вычисления, компьютерная лингвистика, когнитивные исследования, многоагентные системы, инженерия знаний, роботы

16 – 20 октября 2012 г. в г. Белгород состоялась XIII национальная конференция (с международным участием) по искусственному интеллекту (КИИ-2012), поддержанная РФФИ (проект № 12-07-06060/12) и компанией АВВУУ. Среди организаторов конференции – Российская ассоциация искусственного интеллекта (РАИИ)⁶ и институты РАН (Системного анализа, Проблем управления, Проблем передачи информации). Нелёгкий труд организации и обеспечения работы конференции взял на себя Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова и, по единодушному мнению участников, справился с этой задачей великолепно. Яркосиние толстовки студентов-волонтеров, оперативно решавших возникавшие проблемы, вносили элемент неформального радушия в продуманную схему проведения конференции. Студенты Университета получили возможность увидеть результаты исследований ведущих отечественных специалистов, а также продемонстрировать некоторые свои достижения. Ещё до открытия конференции директор Института проблем управления РАН академик С.Н. Васильев прочитал в набитой до отказа аудитории лекцию «Наука управления. Интеллектуальные и многоагентные системы: состояние и перспективы». А спустя два дня во время экскурсии по университету крупнейший специалист в области робототехники профессор В.Е. Павловский, познакомившись с работами студентов

Института информационных технологий и управляющих систем, пригласил их к сотрудничеству.

На конференции состоялось 3 пленарных заседания, работали 13 секций, в том числе выставка программных продуктов, Круглый стол. Во время конференции прошел очередной съезд Российской ассоциации искусственного интеллекта.

Оговоримся сразу, что в наши задачи не входило создание полной картины исследований в такой широкой области как искусственный интеллект (ИИ). Для этого предназначен четырёхтомник трудов XIII национальной конференции (с международным участием) по искусственному интеллекту (издательство МГТУ им. В.Г. Шухова), насчитывающий в общей сложности более 1200 страниц. Соответственно, полноценный список ключевых слов должен был бы включать в себя всю представленную на конференции тематику.

Открылась конференция 16 октября интереснейшим пленарным докладом «Аргументационные системы и их логики» [1] одного из создателей ИИ в нашей стране проф. **В.К. Финна**. В докладе предложено формализованное представление организации знаний – аргументационные системы $Argsys(\mathcal{P})$, где \mathcal{P} – множество аргументируемых и аргументирующих высказываний, что означает различную глубину аргументации и создаёт возможность отображения рефлексии. Для формализации аргументирования используется четырёхзначная логика аргументации $A_{4,1}^{(5)}$, средствами теории графов определяются аргументационные деревья и их множество – лес, вводятся метапредикаты планарности, конечности, непротиворечивости и семантической коррект-

⁶ Российская ассоциация искусственного интеллекта является коллективным членом Европейской ассоциации искусственного интеллекта (ЕААИ), а каждый член РАИИ является индивидуальным членом ЕААИ.

ности аргдеревьев. Это позволяет формализовать уточнение идеи герменевтического («порочного») круга. Полученные результаты открывают широкие возможности разработки представления знаний в системах ИИ, прежде всего, для наук о человеке и обществе – социологии, истории, юриспруденции, антропологии, филологии, а также медицины, в том числе, психиатрии. Отметим, что проблема аргументации была выделена в отдельное направление на прошедшей в августе 2012 г. в Монпелье Европейской конференции по искусственному интеллекту (ECAI-2012).

Затем началась работа секций.

Многочисленность докладов, представленных на **Секции 7 «Нечеткие модели и мягкие вычисления»** (председатели **А.Н. Аверкин, В.М. Курейчик**)⁷, можно объяснить разнообразием и востребованностью подходов, используемых в системах ИИ для решения разнообразных практических задач, связанных с неполной или неточной информацией. Ключевым здесь является стремление повысить эффективность принимаемых решений, включая сокращение пространства поиска и повышение скорости работы алгоритмов. Так, в докладе [2] показано, что использование простейшего нейрореволюционного алгоритма оказывается при решении некоторых классификационных задач и задач адаптивного управления сопоставимым по качеству с использованием более сложных алгоритмов. В докладе [3] предлагается эффективный способ поиска рациональных решений (на основе идей муравьиной колонии) для задач оптимизации, допускающих графовую интерпретацию в виде деревьев. Предложенная в докладе [4] параллельная реализация генетического алгоритма обучения нечетких когнитивных карт решает задачу значительного ускорения вычислений, позволяющих агрегировать знания социальной сети экспертов для прогнозирования развития динамических систем и разработки стратегии получения желаемого результата. В работе [5] представлен шаблон специально разработанной архитектуры, позволяющий оптимизировать и облегчить работу самих разработчиков эволюционных алгоритмов.

Особняком в ряду представленных работ стоит обзорный доклад **В.Л. Стефанюка** [6], посвященный теории серых чисел, которые рассматриваются как альтернатива теории нечетких множеств Л. Заде для работы с неточной информацией и использования в приложениях. Теория серых систем занимается объектами, характеризующимися нечетким пониманием искомого информации (искомого понятия) в сочетании с четким обобщением понятия, и имеет чрезвычайно широкую сферу применения в различных областях.

Важно отметить, что около четверти докладов на этой секции представил Таганрогский технологический институт Южного федерального университета.

Парадоксальным образом **Секция 8 «Многоагентные системы и сетевые структуры»** (председатели **В.И. Городецкий, В.Б. Тарасов**), посвященная одной из центральных для ИИ проблем функционирования интеллектуальных агентов и их коллективов, оказалась небольшой. Это частично

объясняется важностью темы для ИИ, продуктом которого являются интеллектуальные системы (ИС). Прикладные системы, основанные на агентном подходе, были отнесены к работавшей параллельно Секции 10 (см. далее).

Проблемам собственно многоагентных систем был посвящен интересный доклад [7], где предложена модель возникновения языка в многоагентных системах, основанная на использовании игры в наименования.

Впечатляющая картина реального использования многоагентных систем для решения широкого круга задач была представлена 8 октября в пленарном докладе профессора **В.И. Городецкого** на тему «Открытые многоагентные системы и самоорганизация: новые возможности». Основным тезисом доклада явилось утверждение, что трудности практического создания программных систем для современных критических приложений эффективно преодолеваются делегированием управления самой системе на основе принципов самоорганизации с использованием архитектуры и технологии многоагентных систем. На многочисленных примерах докладчик убедительно продемонстрировал, что модель самоорганизующейся многоагентной системы эффективна при разработке приложений, состоящих из большого числа автономных, в частности, мобильных сущностей, имеющих собственные цели, обладающих ограниченными знаниями о других сущностях, структуре системы в целом и внешней среде.

Полноценное представление о работе **Секции 10 «Прикладные интеллектуальные системы»** (председатели **Г.В. Рыбина, Б.Е. Федун**) можно составить, обратившись к т. 3 Трудов конференции (с. 127 – 233). Описать же работу этой секции чрезвычайно трудно ввиду разнородности материала. Отрадно при этом, что число представленных на этой секции докладов (14) оказалось довольно значительным. Можно сказать, что здесь зримо воплощается основная парадигма ИИ: исследования в этой области имеют своей целью создание эффективных инструментов – ИС – для решения задач, недоступных человеку в режиме реального времени.

Работа **Секции 1 «Моделирование рассуждений и неклассические логики»** (председатели **В.Н. Вагин, Г.С. Плесневич**) продолжалась 16 и 17 октября. Это направление является классическим для проблематики ИИ, однако тематика исследований ушла далеко от первоначальных представлений о рассуждении как выводе в исчислении⁸. Соответственно, арсенал логических средств, использованных докладчиками, чрезвычайно широк: метрическая временная логика для рассуждений на основе прецедентов [8], активная логика и её модификации для интеллектуального агента с ограниченным временным ресурсом [9], система нечеткого вывода для увеличения полноты правдоподобных рассуждений [10] и т.д. Посвященный теории пересматриваемых рассуждений доклад [11], перекликающийся с пленарным докладом проф. В.К. Финна, продемонстрировал, сколь значительным является интерес к

⁷ 17 докладов

⁸ Так, на ECAI-2012 эти изменения отражены в использовании более широкого названия: «Автоматические рассуждения».

формализации характерных для человека различных видов недедуктивного рассуждения. Отметим, что, хотя в большинстве представленных на секции докладов декларируется их направленность на алгоритмическую реализацию в интеллектуальных системах (ИС) для решения практических задач, примером такой реализации можно считать лишь доклад [12], где расширение классического алгоритма поддержки истинности ATMS с использованием логики предикатов первого порядка применяется для диагностирования работы системы кондиционирования помещений.

Второй день работы конференции – 17 октября – начался пленарным докладом зарубежного гостя – проф. **А.А. Летичевского** (Институт Кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины) «Инсерционное моделирование и когнитивные архитектуры», собравшим большое число слушателей. Доклад был посвящен обзору работ британских и украинских ученых о моделях когнитивных агентов и сред. Рассматривалось представление, в котором среда обладает интерфейсами для инкорпорирования коллектива когнитивных агентов и установления свойств таких коллективов. Агенты же наделяются базовыми когнитивными функциями. В простейшем случае агентами будут конечные автоматы (которые, разумеется, когнитивными не являются). Для описания свойств агентов в среде используется симуляционная логика Плоткина.

Далее продолжили работу секции 1, 7 и 8.

Часть докладов **Секции 2 «Интеллектуальный анализ данных»** (председатели **В.К. Финн**, **М.А. Михеенкова**) была посвящена развитию и приложениям ДСМ-метода автоматического порождения гипотез [13, 14], непосредственно реализующего идею имитации и усиления феноменологии естественного интеллекта средствами интеллекта искусственного. Существенно, что работы в этой области выполнены не только представителями известной школы проф. В.К. Финна, но и другими исследователями (см., например, [15]). Доклад проф. **А.Е. Янковской** [16] (давно и успешно разрабатывающей ИС, в частности, для диагностики психологического здоровья) был посвящён использованию пороговой и нечёткой логики в ИС для экспресс-диагностики и профилактики депрессии. Известный специалист в области формализации рассуждений **К.А. Найдёнова**⁹ представила модель взаимодействия индуктивных и дедуктивных рассуждений при решении задач распознавания образов [17].

Секция 3 «Компьютерная лингвистика и семантический Web» (председатели **Д.Г. Лахути**, **В.Ф. Хорошевский**) демонстрирует, как работы классического направления в ИИ – компьютерной лингвистики – обретают новое содержание и обрывают новыми возможностями приложения под влиянием имеющего всего лишь десятилетнюю историю развития направления «семантический Web». Ярким проявлением этого стал доклад одного из лидеров этого направления **В.Ф. Хорошевского** [18]. Здесь актуальная задача выявления новых технологических трендов решается на основе онтологического моде-

лирования (OWL-представления трендов), являющегося базисом для последующей статистической обработки коллекций документов в сочетании с лингвистическими методами извлечения информации из текстов. Последние обеспечивают автоматическое формирование характеристических векторов текстов; автоматическая кластеризация коллекций документов осуществляется на основе TF-IDF подхода. Интересен предложенный в докладе [19] мультиагентный подход к анализу текста, позволяющий выполнять этот процесс параллельно, что приближает его к процессу восприятия текста человеком. Осуществляется такой подход на основе связи результатов лингвистического анализа текста с понятиями модели предметной области, представленной в виде онтологии: лексические объекты преобразуются в семантические, которые в дальнейшем проверяются контекстом.

Ряд докладов находится в русле классических исследований в области компьютерной лингвистики – это и доклад давно и плодотворно работающего над проблемами автоматизации поверхностно-синтаксического анализа русского текста коллектива под руководством проф. **Д.Г. Лахути** [20], и важный в контексте широкого использования компьютерного перевода доклад [21], посвящённый автоматической коррекции ошибок сочетаемости слов, и предложенная в докладе [22] система семантических универсалий, направленная на создание эффективных схем семантического анализа, и другие.

Междисциплинарный характер когнитивной науки нашёл отражение в докладах, представленных на **Секции 4 «Когнитивные исследования»** (председатели **Б.А. Кобринский**, **О.П. Кузнецов**). Доклад [23] посвящен глобальной проблеме моделирования эволюции познавательных способностей биологических организмов – когнитивной эволюции. Автор делает попытку ответить на вопрос, «почему логическое мышление человека применимо к познанию природы?» [23, с. 293]. Для этого привлекаются нейробиологическая и бионическая модели автономных когнитивных агентов, намечаются широкие контуры будущих исследований – от моделирования поведения агентов с естественными потребностями до исследования процессов формирования логических выводов и возникновения языка.

Классическая задача когнитологии в ИИ – извлечение и формализация экспертного знания – решается в докладе [24], посвящённом отражению визуальных образов в системах медицинской диагностики, разработкой фреймворка модели лингво-образной базы знаний с семантической сетью правил вывода.

Рассмотрение различных видов ментальной деятельности в рамках когнитивного подхода можно проследить в нескольких докладах. Так, в докладе [25] предлагается решение важной проблемы динамического формирования цели на основе исследования отношений в знаковой картине мира (восходящей к психологической теории деятельности А.Н. Леонтьева). Предложенный **А.И. Пановым** подход позволяет сформировать семейство отношений для совокупности трёх типов семантических сетей, связывающих значение, личностный смысл и образ знака, что, в свою очередь представляет модель картины мира, участвующую

⁹ Лауреат премии РАИИ «За лучшую монографию на иностранном языке» 2010 г.

в процессах планирования и целеполагания. В докладе [26] поддержка когнитивной деятельности, связанной с контролем и управлением сложными техническими системами (на примере АЭС), осуществляется путём активизации образного мышления с использованием средств когнитивной графики.

Одной из важнейших целей конференции стала демонстрация практической реализации теоретических разработок – **выставка программных продуктов «Программные средства искусственного интеллекта»** (Секция 12, председатели **В.Л. Стефанюк, В.Ф. Хорошевский**). Если на Секции 10 сходные цели достигались устной презентацией, то на выставке, работавшей 17 и 18 октября, реализация была явлена зримо. Представление о разнообразии экспонированных продуктов можно получить из т. 4 Трудов КИИ-2012, здесь же мы отметим только, что уровень представленных разработок чрезвычайно высок и ещё раз подтверждает справедливость высокого реноме российских теоретиков ИИ и программистов.

Завершился день вечерней лекцией Председателя Научного совета РАИИ проф. **О.П. Кузнецова** «Когнитивная семантика и искусственный интеллект», вызвавшей не только несомненный интерес слушателей, но и открывшей дискуссию о целях и задачах ИИ в аспекте исследований некоторых сторон когнитивной деятельности человека. В основу лекции легла концепция профессора когнитивной лингвистики в университете в Беркли Дж. Лакоффа, представленная в его книге с интригующим названием – «Женщины, огонь и другие опасные вещи»⁵ [27]. Дж. Лакофф выдвигает тезис, что когнитивные структуры и механизмы человека существенным образом зависят от его сенсорных механизмов, а также от физического и социального опыта. Эти идеи могут оказать влияние на развитие интеллектуальных технологий в части организации знаний и моделирования рассуждений. В частности, для построения онтологий существенны идеи когнитивной категоризации, а при формализации рассуждений полезным может оказаться использование образно-схематических структур. В заключение лекции были представлены направления исследований, позволяющих реализовать когнитивный проект, т.е. разработку принципов построения интеллектуальных структур и процессов на основе идей когнитивной семантики.

Секция 6 «Инженерия знаний, управление знаниями, онтологий» (председатели **Т.А. Гаврилова, В.В. Грибова**) работала два дня: 18 и 19 октября. На секции было обсуждено 12 докладов из 14 заявленных в программе. Основные темы для обсуждения можно разбить на две неравные группы: первая группа посвящена онтологическому инжинирингу, а вторая – другим моделям представления знаний. Как отметила руководитель секции проф. Т.А. Гаврилова, «мировой тренд применения онтологических моделей как основных моделей представления знаний распространился и на российских исследователей,

что, безусловно, является позитивным сдвигом. Вторым положительным моментом является переход от декларативных докладов об онтологиях вообще к разработке практических приложений и развитию теории онтологического моделирования».

Интересное использование генетического алгоритма для оптимального разбиения текстового документа на фрагменты, соответствующие определённому понятию предметной области из онтологии, предложено в докладе [27]. Для решения проблемы генерации формальной структуры, допускающей эффективную визуализацию, из сложного онтологического описания объекта в докладе [28] представлен разработанный специальный язык описания графики GRASP, позволяющий работать с плоскими и трёхмерными изображениями и использующий описанные в онтологической модели закономерности (в частности, вычисление по формулам свойств объектов). Критическая для систем поддержки принятия решений проблема построения онтологий плохо определённой предметной области решается в докладе [29]. Здесь предлагается подход с использованием дескриптивной логики, позволяющий по информации об одном объекте предметной области создавать концептуальный каркас онтологии для последующего применения в экспертной процедуре её построения. В докладе [30] проанализированы современные предметно-ориентированные визуальные языки, эффективно дополняющие технологии онтологического моделирования. Предложенная систематизация на основе семантической классификации позволяет выбрать визуальный язык моделирования для представления знаний определённого типа и визуализации требуемого фрагмента онтологии, что облегчает их восприятие и обучение и поддерживает синтез новых знаний.

Управление и поддержка принятия решений с самого начала находились в центре внимания ИИ, что подтвердилось практической основательностью и разнообразием работ, представленных на **Секции 9 «Интеллектуальные системы управления и поддержки принятия решений»** (председатели **А.П. Еремеев, А.Б. Петровский**). Многие представленные здесь подходы способны обеспечить решение управленческих задач, возникающих на разных уровнях. Это относится, например, к предложенной в докладе [31] многокритериальной оценке эффективности деятельности, использующей методы группового вербального анализа решений с применением слабоструктурированной качественной информации. Показательно, что метод апробирован при оценке эффективности научных организаций. В докладе [32] предложен метод поиска решений на основе прецедентов с использованием онтологии предметной области: знания о предметной области описываются в виде иерархии концептов онтологии, а прецедент – в виде иерархии экземпляров концептов. Одним из требований, предъявляемых к интеллектуальным системам поддержки принятия решений, является возможность работы в реальном времени: при решении задач диагностики, мониторинга, планирования и прогнозирования. Отсюда многочисленность работ, посвящённых представлению и оперированию временными зависимостями и моделированию рассуждений с учётом фактора времени. В докладе [33] рас-

⁵ Lakoff J. Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind. – University of Chicago Press, 1987.

смотрено применение нейронных сетей для поиска решений на основе темпоральных прецедентов, в докладе [34] на основе дискретизации значений поступающих с датчиков параметров строится темпоральное дерево решений для диагностики неисправностей, в докладе [35] используется интервальная темпоральная логика для мониторинга и управления сложным объектом – системой остановки поезда.

Небольшая, но важная **Секция 13 «Методологические и философские проблемы искусственного интеллекта»** (председатели **Д.И. Дубровский, В.Е. Лепский**) привлекла участников, склонных к осмыслению роли и места ИИ в системе научного знания. В основном на этой секции докладе проф. **В.Е. Лепского** [36] описана смена парадигм и концепций искусственного интеллекта под влиянием развития представлений о научной рациональности и обоснована необходимость философского осмысления и формирования методологии ИИ. Обсуждение доклада перешло в дискуссию, которую завершило выступление проф. В.К. Финна, сформулировавшего основные вызовы философскому сообществу в свете новейших достижений ИИ. К таким вызовам можно отнести согласование философских представлений об эпистемологии и представления о задачах ИИ как усиления и имитации познавательных способностей естественного интеллекта. Важным является также рассмотрение различных онтологий в свете развития современных электронных технологий. Остаётся нерешённым также вопрос о сравнительной значимости двух подходов к ИИ: сильного, ориентированного на компьютерное моделирование возможностей человеческого интеллекта, и слабого, предполагающего приближённую имитацию лишь некоторых из них.

Эффектной и логичной преамбулой к прошедшему во второй половине дня очередному съезду Российской ассоциации искусственного интеллекта стал обзорный доклад Президента РАИИ, заместителя директора Института системного анализа РАН проф. **Г.С. Осипова** «Состояние исследований в области искусственного интеллекта» по материалам Европейской конференции по искусственному интеллекту ECAI-2012. В докладе отмечено значительное изменение тематики секций: исчезли Propositional Logic, Diagnosis & Discovery, Clustering & Classification и др., появились Мультидисциплинарные подходы, Автоматические рассуждения, Компьютерный анализ социального выбора. По мнению Г.С. Осипова, важнейшими тенденциями развития европейских исследований в области ИИ является развитие междисциплинарных исследований и переход от исследования интеллектуального поведения к исследованию социального поведения. Досадным обстоятельством, отмеченным докладчиком, является незначительное присутствие на ECAI представителей отечественных школ, что отчасти связано со слабой финансовой поддержкой российских исследователей.

18 октября состоялся очередной съезд РАИИ, на котором был представлен отчётный доклад Президента РАИИ Г.С. Осипова и намечены перспективы дальнейшей деятельности РАИИ, в обсуждении которых приняли активное участие как руководители, так и рядовые члены Ассоциации. Состоялся приём

новых членов – в основном, молодых исследователей, – за которым последовали выборы нового состава Научного совета РАИИ.

Непринуждённую обстановку следовавшего за съездом РАИИ товарищеского ужина дополняли блестящие выступления творческих коллективов студентов Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова – танцевального, хорового, а также солистов этих коллективов.

Последний рабочий день конференции, 19 октября, был посвящён работе трёх секций, одна из которых – **Секция 6** – продолжила работу, начатую накануне.

Доклады **Секции 5 «Распознавание и классификация»** (председатели **О.М. Аншаков, С.О. Кузнецов**) относятся к направлению, традиционно представленному в нашей стране сильными научными школами. Прежде всего, это относится к задачам распознавания образов, методы решения которых далеко продвинулись по сравнению с классическими подходами. Доклад [37] посвящен развитию одного из таких подходов – аппарату модифицированных дескриптивных алгебр изображений. Другие направления представлены, например, докладом [38], где классификация алгоритмов распознавания лиц дополняется разработкой квантовых алгоритмов предварительной обработки изображений, позволяющих повысить эффективность распознавания. В докладе [39] предлагается векторная модель для автоматической настройки структурного классификатора, являющегося ядром систем распознавания рукописных символов. Сложная проблема классификации временных последовательностей решается в докладе [40] интегрированием в вероятностные модели скрытых закономерностей, полученных с помощью кластерного анализа наблюдаемых данных с использованием самоорганизующихся карт Кохонена.

Секция 11 «Интеллектуальные динамические системы и роботы; планирование поведения» (председатели **В.Э. Карпов, Г.С. Осипов**)⁶ демонстрирует, в некотором роде, конечный продукт развития ИИ – интеллектуальных роботов, что является современным трендом развития робототехники, достигшей чрезвычайно впечатляющих успехов в инженерии. Из 9 заявленных докладов были представлены 5, что дало возможность детального и подробного обсуждения докладов. В докладе **В.Э. Карпова** [41] были представлены интересные групповые модели с анализом механизмов лидерства и частного самосознания в группе роботов. Модели были детально показаны в математических постановках и в экспериментах на группе минироботов. В докладе **В.Е. Павловского** и **Т.А. Волковой** [42] говорилось о механизмах диалога с мобильным роботом и развитии сенсорной подсистемы робота за счет использования сенсоров запаха, необходимых, по мнению авторов, функционирующему в среде людей интеллектуальному роботу. Доклады [43], [44] относились к проблематике интеллектуальных роботов не столь непосредственно. В докладе [43] были представлены модели, применяемые для моделирования угрозообра-

⁶ Авторы выражают глубокую благодарность проф. В.Е. Павловскому, предоставившему подробные комментарии к работе Секции, а также состоявшегося 19 октября Круглого стола.

зующего поведения индивида в группе людей; доклад [44] посвящён описанию возможностей и преимуществ триадных модификаций сетей Петри как парадигмы моделирования. Интересный доклад проф. **В.Л. Стефанюка** по автоматной тематике [45] позволил слушателям глубже вникнуть в проблему. В активных обсуждениях и дискуссии в конце работы секции выделялось выступление проф. **В.Г. Редько**, указавшего на целый ряд моделей эволюционного развития, примыкающих к технологиям интеллектуальных роботов. По общему мнению, доклад на эту тему было бы интересно представить на следующих конференциях именно в секции Интеллектуальных роботов.

Конференция завершилась Круглым столом, посвящённым обсуждению границ искусственного интеллекта как научной парадигмы и научной методологии. Заседание, продолжавшееся почти 3 часа, вёл Председатель Научного совета РАИИ **О.П. Кузнецов**, активно помогал ему директор Института проблем управления академик РАН **С.Н. Васильев**. Тема обсуждения была отчасти вызвана изменением тематики Европейских конференций по ИИ (о чём говорилось в докладе Президента РАИИ Г.С. Осипова).

Несмотря на долгую историю существования ИИ определение ключевых предметных областей вызвало активную и продолжительную дискуссию.

Одним из стимулов к активному обсуждению заявленной темы стало бурное развитие на Западе роботов «ультра-СИ», практически демонстрирующих интеллектуальное поведение. Однако после содержательной дискуссии участники пришли к единому мнению, что даже чрезвычайно сложное внешне функционирование ещё не является полностью интеллектуальным. Для отделения демонстрации от собственно интеллектуального поведения сообществу специалистов ещё предстоит выработать критерии. В целом перед Научным советом и членами Российской ассоциации искусственного интеллекта по-прежнему стоят задачи определения проблем и перспектив искусственного интеллекта в нашей стране в контексте мировых тенденций.

На состоявшемся после Круглого стола закрытии конференции были подведены итоги её работы, высоко оценена организационная работа Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова, принят ряд организационных решений. Конференция была признана весьма успешной и заметно превосходящей по уровню докладов предыдущую конференцию КИИ-2010.

К сожалению, ввиду ограничений по объёму в наш обзор не вошли многие интересные работы, для знакомства с которыми мы отсылаем читателя к четырёхтомнику Трудов конференции КИИ-2012.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Финн В. К. Аргументационные системы и их логики // XIII Национальная конференция с международным участием «Искусственный интеллект-2012», Белгород, Октябрь 16 – 19, 2012. Труды конференции в 4 томах, т. 1. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. - С. 83 – 99.

2. Цой Ю.Р. На что способен нейроэволюционный алгоритм без эвристик? // Там же, т. 2. - С. 211 – 218.
3. Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Оптимизация методами роевого интеллекта задач, интерпретируемых древовидными структурами // Там же, т. 2. - С. 219 – 226.
4. Аверкин А.Н., Парин А.А. Параллельная реализация генетического алгоритма обучения нечетких когнитивных карт // Там же, т. 2. - С. 323 – 329.
5. Ляпунцова Е.В., Бессонов Д.В. Шаблон проектирования эволюционного моделирования // Там же, т. 2. - С. 307 – 312.
6. Стефанюк В.Л., Шихаб М.Я. Арифметика серых чисел // Там же, т. 2. - С. 299 – 306.
7. Микулич Л.И., Наумкина Т.С. Использование языковых игр для моделирования возникновения языка в многоагентных системах // Там же, т. 3. - С. 34 – 39.
8. Куриленко И.Е. О применении метрической временной логики при построении механизма вывода на основе прецедентов // Там же, т. 1. - С. 25 – 33.
9. Виньков М.М., Фоминых И.Б. Моделирование рассуждений интеллектуального агента, решающего задачи в условиях жестких временных ограничений: базовые принципы // Там же, т. 1. - С. 59 – 66.
10. Аншаков О.М., Ковтун В.А. ДСМ-подобные системы, использующие аппарат нечеткого вывода // Там же, т. 1. - С. 75 – 82.
11. Вагин В.Н. Моросин О.Л. Система аргументации для логики предикатов первого порядка // Там же, т. 1. - С. 34 – 42.
12. Зарецкий Д.С. Использование системы поддержки истинности на основе предположений в логике предикатов первого порядка // Там же, т. 1. - С. 17 – 24.
13. Виноградов Д.В. Автоматическое порождение гипотез в ДСМ-методе с помощью цепи Маркова // Там же, т. 1. - С. 121 – 127.
14. Михеенкова М.А., Финн В.К. О представлении данных и знаний для интеллектуального анализа социологических данных // Там же, т. 1. - С. 108 – 120.
15. Котельников Е.В. Опыт применения ДСМ-метода для определения тональности текста // Там же, т. 1. - С. 135 – 142.
16. Янковская А.Е., Аметов Р.В., Китлер С.В. Интеллектуальный комплекс систем экспресс-диагностики психологического здоровья // Там же, т. 1. - С. 164 – 172.
17. Найденова К.А. Модель индуктивно-дедуктивных естественных рассуждений на основе классификационных рассуждений // Там же, т. 1. - С. 173 – 180.
18. Хорошевский В.Ф. Выявление новых технологических трендов: проблемы и перспективы // Там же, т. 1. - С. 252 – 259.

19. Гаранина Н.О., Загорулько Ю.А., Сидорова Е.А. Мультиагентный алгоритм анализа текста на основе онтологии предметной области // Там же, т. 1. - С. 219 – 226.
20. Епифанов М.Е., Дулина Н.С., Клячко Е.Л., Кобзарева Т.Ю., Лахути Д.Г. Об экспериментальной реализации алгоритмов выделения проективных фрагментов именных и предложных групп в русском предложении // Там же, т. 1. - С. 260 – 267.
21. Азимов А. Е., Большакова Е. И. Автоматическая коррекция ошибок сочетаемости слов в текстах // Там же, т. 1. - С. 236 – 243.
22. Сулейманов Д. Ш., Гатиатуллин А. Р., Сулейманова Д. Д. Контекстно-ориентированные семантические универсалии // Там же, т. 1. - С. 275 – 284.
23. Редько В.Г. О моделировании когнитивной эволюции // Там же, т. 1. - С. 293 – 300.
24. Кобринский Б.А., Таперова Л.Н. Модель понятийно-образных (лингво-образных) фреймов для медицинских интеллектуальных систем // Там же, т. 1. - С. 318 – 326.
25. Панов А.И. Семейства отношений в знаковой картине мира // Там же, т. 1. - С. 301 – 309.
26. Анохин А.Н., Ивкин А.С. Визуальная поддержка когнитивной деятельности оператора // Там же, т. 1. - С. 343 – 350.
27. Наместников А.М., Филиппов А.А. Метод генетической оптимизации онтологических представлений проектных документов в задаче индексирования // Там же, т. 2. - С. 104 – 111.
28. Курбатов С.С., Литвинович А.В., Лобзин А.П., Хахалин Г.К. Концептуальный синтез графических образов по структурам прикладной онтологии // Там же, т. 2. - С. 120 – 127.
29. Кулинич А.А. Концептуальные «каркасы» онтологий в поддержке принятия решений в условиях неопределенности // Там же, т. 2. - С. 160 – 169.
30. Кудрявцев Д.В., Гаврилова Т.А. Систематизация визуальных языков моделирования // Там же, т. 2. - С. 177 – 184.
31. Петровский А.Б., Ройзензон Г.В., Балышев А.В., Тихонов И.П., Яковлев Э.Н. Многокритериальный анализ деятельности научных организаций // Там же, т. 3. - С. 64 – 71.
32. Варшавский П.Р., Алехин Р.В., Зо Лин Кхайнг. Применение онтологического подхода для реализации поиска решения на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Там же, т. 3. - С. 72 – 79.
33. Варшавский П.Р., Куриленко И.Е., Макашова М.Б. Реализация нейромодуля для поиска решения на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Там же, т. 3. - С. 80 – 87.
34. Антипов С.Г., Вагин В.Н. Использование темпоральных деревьев решений в задачах диагностики // Там же, т. 3. - С. 91 – 96.
35. Еремеев А.П., Королев Ю.И. Моделирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений с помощью темпоральных сетей Петри // Там же, т. 3. - С. 105 – 112.
36. Лепский В.Е. Эволюция парадигм и концепций искусственного интеллекта в контексте развития научной рациональности // Там же, т. 4. - С. 117 – 124.
37. Исхаков А.Р., Мигранов Н.Г., Маликов Р.Ф. Обработка и анализ изображений в модифицированных дескриптивных алгебрах изображений // Там же, т. 2. - С. 44 – 51.
38. Петров С.П. Квантовое распознавание лиц: алгоритмы предварительной обработки изображения // Там же, т. 2. - С. 9 – 17.
39. Околедов А., Масалович А. Построение обобщённой векторной модели рукописных символов // Там же, т. 2. - С. 39 – 43.
40. Паламарь И.Н., Юлин С.С. Классификация временных последовательностей на основе использования словных случайных полей со скрытыми состояниями и самоорганизующихся карт Кохонена // Там же, т. 2. - С. 52 – 59.
41. Карпов В.Э. Частные механизмы лидерства и самосознания в групповой робототехнике // Там же, т. 3. - С. 275 – 283.
42. Павловский В.Е., Кедровская М.Н., Емельянова М.С., Волкова Т.А. Интеллектуализация мобильного робота: диалог и сенсорика // Там же, т. 3. - С. 284 – 291.
43. Суворова А.В., Тулупьева Т.В., Тулупьев А.Л., Сироткин А.В. Применение байесовских сетей доверия для моделирования угрожающего поведения индивида по неполным и неточным данным // Там же, т. 3. - С. 292 – 299.
44. Юдицкий С.А., Магергут В.З. Триадное моделирование на индикаторных сетях поведения дискретных систем // Там же, т. 3. - С. 234 – 241.
45. Стефанюк В.Л. Математический анализ поведения обучающегося автомата в нечеткой среде // Там же, т. 3. - С. 300 – 307.

Материал поступил в редакцию 21.12.12.

Сведения об авторах

МИХЕЕНКОВА Мария Анатольевна – доктор технических наук, старший научный сотрудник ВИНТИ РАН, Москва
E-mail: mmikh@viniti.ru

ДРУЖИНИНА Елена Григорьевна – научный сотрудник ВИНТИ РАН
E-mail: nti@viniti.ru

Новая книга Ю. Д. Григорьева и Г. Я. Мартыненко*

В рамках математического учения о гармонии в развернутом междисциплинарном аспекте излагается типология последовательностей Фибоначчи, основанная на синтезе математических и математико-лингвистических представлений, включающих теорию рекурсий, алгебраических уравнений, непрерывных дробей, пропорций и средних величин. Широко используется визуализация результатов типологической работы в виде орнаментальных симметричных фигур. Описывается широкий спектр приложений результатов типологизации в гуманитарных и естественных науках. Книга снабжена примерами, касающимися структуры текста, теории цензов, теории поиска и др.

Ключевые слова: последовательности Фибоначчи, типология, математика, лингвистика

В последние годы опубликована серия работ доктора филологических наук Г.Я. Мартыненко, посвященная статистическому анализу текста на основе гармонических сечений и рекуррентных последовательностей¹. Закрывает эту серию книга «Типология последовательностей Фибоначчи. Введение в математику гармонии», написанная совместно с доктором технических наук Ю. Д. Григорьевым.

Книга представляет собой, с одной стороны, собрание не слишком сложных математических формализмов, накопленных в математике гармонии, и их приложений в разных предметных областях, а с другой — включает в себе новое, гуманитарное видение математических и естественнонаучных проблем. Такой подход основан, в первую очередь, на семиотических представлениях, с помощью которых описываются сами рекуррентные последовательности и связанные с ним гармонические сечения. Для этого привлекаются теоретико-классификационные струк-

туры, которые разрабатывались в отечественной науке, главным образом, Ю. А. Шрейдером и С. Ю. Мейеном, методы математической лингвистики с привлечением идей порождающих грамматик на основе структуры составляющих, а также некоторые статистические методы, в частности, теория динамических рядов и теории ранговых распределений.

Отметим некоторые частные достижения авторов в математическом аспекте:

1. Построена пространственная типология последовательностей типа Фибоначчи (фиботипов) на основе значений стартовых (затравочных) чисел и осуществлена их визуализация в виде симметричных фигур.

2. Построены две типологии чисел Фибоначчи в виде треугольника (подобно треугольнику Паскаля). Одна из них представлена уравнениями произвольных степеней, корнем которых является число Фидия (золотое сечение). Причем в роли постоянных коэффициентов выступают числа Фибоначчи, упорядоченные в определенной системе.

3. Построено ранговое распределение фиботипов и определена ядерная группа фиботипов и их периферия.

4. На основе достижений античных математиков (Пифагора, Паппа и Никомаха), а также исследований итальянского статистика Джини построена нетрадиционная система гармонических сечений.

5. С опорой на лингвистические представления о рекурсии и теорию линейных порядков построена типология гармонических уравнений произвольных степеней.

В прикладном аспекте можно отметить следующие положительные моменты:

1) исследована динамика сюжетной динамики текста на материале рассказа и построен типовой профиль русского рассказа. Этот же подход продемонстрирован также и на тексте «Слова о полку Игореве»;

2) аналогичный профиль был выявлен и в структуре отечественного сонета — твердой формы рус-

* Рецензия на кн.: Ю. Д. Григорьев, Г. Я. Мартыненко «Типология последовательностей фибоначчи: теория и приложения. Введение в математику гармонии» (LAP LAMBERT Academic Publishing & Co. KG. Saarbrücken. Germany. 2012. 304 с. ISBN: 978-3-8473-1912-2. - На рус. яз.)

¹ Золотое сечение формулы изобретения // НТИ. Сер. 2. - 2002. - № 10. - С.22-25.

Техника сонета и сонеты техники // Технетика и семиотика. Ценологические исследования. Вып.21. - М. : Центр системных исследований, 2004. - С.112-118.

Модель гармонии сложных социальных систем // Труды VII Всероссийской конференции по финансово-актуарной математике и смежным вопросам. Т.1. - Красноярск: СФУ, 2008. - С. 148-173.

Степенные средние в теории золотого сечения // Там же. - С. 174-179.

Ритмико-смысловая динамика русского классического сонета. - СПб: Изд-во СПбГУ, 2004. - 30 с.

Введение в теорию числовой гармонии текста. - СПб: Изд-во СПбГУ, 2009. - 252 с.

Математика гармонии в гуманитарных науках и искусстве // Структурная и прикладная лингвистика. Вып.8.- СПб: Изд-во СПбГУ, 2010. - С.3-22

ского стиха. Но здесь динамика имеет структурно-смысловой характер. Авторы допускают, что каждый жанр имеет набор типовых профилей текста, которые могут выступать в качестве динамического портрета;

3) статистически выявлено типичное соотношение между отличительной и ограничительной частью формулы отечественного изобретения (оно тяготеет к золотому сечению). Формула изобретения, подобно сонету в стихотворной речи, принадлежит к твердым формам научно-технической речи и так же, как сонет, является жесткой компактной целостной структурой, в которой техническое содержание облекается в форму, имеющую правовое значение. Кстати, структура сонета ведь тоже была изобретена юристом. Это сделал в 1332 г. в Падуе Антонио да Темпо;

4) вслед за Вильфредо Парето и его многочисленными последователями в лингвистике (Ципф), в биологии (Виллис), в документалистике (Брэдфорд), в науковедении (Прайс) и др. построена оригинальная общая статистическая теория ценозов (сообществ).

Авторами предложена также методика пропорционирования ценозов на основе чисел Фибоначчи.

Итак, в рецензируемой книге, в целом пропитанной математическим и естественнонаучным духом, проводятся плодотворные идеи, присущие скорее гуманитарным наукам, нежели естественным.

Насколько нам известно, эта книга нашла широкий отклик в кругу ученых, входящих в международные научные сообщества по математике гармонии и теории симметрии.

Надеемся, что данная книга привлечет внимание специалистов самых разных областей знания и искусства.

Сведения об авторе

ЗАХАРОВ Виктор Павлович - кандидат филологических наук, доцент, кафедры математической лингвистики Санкт-Петербургского университета

E-mail: vz1311@yandex.ru

БАЗА ДАННЫХ ВИНИТИ РАН

ВИНИТИ предлагает к использованию через WWW-сервер (<http://www.viniti.ru>) крупнейшую Федеральную базу отечественных и зарубежных публикаций по естественным, точным и техническим наукам. БД ВИНИТИ РАН генерируется с 1981 г., обновляется ежемесячно, пополнение составляет около 1 млн документов в год. БД ВИНИТИ представлена ретроспективными тематическими фрагментами и единой политематической БД (ретроспектива с 2001 г.), объединяющей все тематические фрагменты БД ВИНИТИ.

БД ВИНИТИ РАН в сети INTERNET

Сервер ВИНИТИ – <http://www.viniti.ru> – обеспечивает on-line доступ к Базе данных ВИНИТИ РАН круглосуточно без выходных.

На основе БД ВИНИТИ РАН предоставляются следующие услуги:

- Диалоговый поиск научно-технической информации в **режиме on-line**;
- **Демо-версия**, позволяющая ознакомиться с основными функциями поисковой системы, составом данных, формами представления документов и получить навыки работы с системой;
- **Поисковые эксперты ВИНИТИ** выполняют тематический поиск по разовым или постоянным запросам, а также окажут **консультационные услуги**.

БД ВИНИТИ РАН на CD-ROM

Любые наборы тематических фрагментов БД ВИНИТИ или их разделов могут быть предоставлены на **CD-ROM в поисковой системе (ИПС) "Сокол"**, обеспечивающей все поисковые функции, доступные в режиме on-line:

- Поиск можно вести в годовом или ретроспективном массиве (за несколько лет сразу) в одном или нескольких тематических фрагментах .
- Поиск по словам и любым словосочетаниям из заглавия, реферата, ключевых слов.
- Использование года, языка, рубрик, шифров тематических разделов БД для уточнения поиска.
- Поиск по словарю, выполняющему функции многоаспектного указателя, в том числе авторского, предметного, источников, индексов МПК, номеров патентных документов и депонированных рукописей и т.д.
- Возможность запоминания запросов для последующего использования и/или редактирования их.
- Чтение документов не только как в РЖ (последовательный просмотр документов одного номера за другим), но и чтение документов нужных тематических фрагментов (разделов) по оглавлению за весь период заказанной ретроспективы.

ИПС "Сокол" является прикладной программой Microsoft Windows.

Любые наборы тематических фрагментов БД ВИНИТИ или их разделов могут быть подготовлены в **коммуникативных форматах ISO-2709, МЕКОФ, txt** на любых видах электронных носителей.

Продукты предоставляются на договорной основе.

Информационная служба БД ВИНИТИ: 125190, Москва, ул. Усиевича 20, ВИНИТИ
Телефон: (499) 155-45-01, 155-45-02, **Факс:** (499) 152-62-31 **e-mail:** csbd@viniti.ru

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

ЦЕНТР НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВИНИТИ РАН

ПРЕДОСТАВЛЯЕТ КОПИИ ПЕРВОИСТОЧНИКОВ

ВИНИТИ РАН осуществляет обслуживание копиями первоисточников, хранящихся в фонде научно-технической литературы ВИНИТИ, в фондах других библиотек, а также в доступных ВИНИТИ электронных ресурсах.

Фонд научно-технической литературы ВИНИТИ включает более 2 млн изданий по точным, естественным и техническим наукам, в т.ч.:

- отечественные и иностранные периодические и продолжающиеся издания – с 1987 г.;
- отечественные книги – с 1987 г.;
- иностранные книги – с 1991 г.;
- рукописи, депонированные в ВИНИТИ, – с 1962 г.

Заказы на бумажные или электронные копии первоисточников принимает Центр научно-информационного обслуживания (ЦНИО) ВИНИТИ. ЦНИО ВИНИТИ обслуживает коллективных (организации и учреждения) и индивидуальных пользователей.

Формы обслуживания:

- абонементная (на основе договоров и предоплаты);
- разовые заказы (с предоплатой заказа по счету);
- индивидуальная форма обслуживания в читальном зале ЦНИО ВИНИТИ.

На сайте ВИНИТИ (<http://www.viniti.ru>) представлен полный Электронный каталог научно-технической литературы (<http://catalog.viniti.ru>), зарегистрированной в ВИНИТИ с 1994 г. Доступ для просмотра и поиска по Каталогу свободный. Постоянные абоненты ЦНИО ВИНИТИ, имеющие логин и пароль для работы с Каталогом, могут делать заказ копий непосредственно через Каталог.

Услуги по изготовлению копий первоисточников из фондов других библиотек предоставляются только постоянным абонентам. Место хранения первоисточников указывается в Электронном каталоге.

За подробной информацией обращаться по адресу:

125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20, ВИНИТИ РАН. ЦНИО

Телефоны: 8 (499)155-42-43, 155-42-09, 152-54-59

Факс: 8 (499) 943-00-60

E-mail: cnio@viniti.ru; **URL:** <http://www.viniti.ru>