

## Исследование вариативности трактовки фонетической структуры речевых высказываний

КАРПОВ О.Н., ЛУЧИНКИНА О.И.

Днепропетровский национальный университет

Статья посвящена построению модуля, который позволяет за заданным набором фонем построить предложение. Особенностью данного модуля является наличие морфемного уровня обработки сигнала, на котором происходит преобразование последовательности фонем в морфемы, и вероятностная модель перехода от одной морфемы к другой. Данный подход позволяет наиболее точно принимать решения о выборе той или иной морфемы в случае неоднозначности выбора.

Статья посвящена построению модуля, позволяющего по заданному набору фонем строить предложения. Особенностью данного модуля является наличие морфемного уровня обработки сигнала, на котором происходит преобразование последовательности фонем в морфемы, и вероятностная модель перехода от одной морфемы к другой. Данный подход позволяет наиболее точно принимать решения о выборе той или иной морфемы в случае неоднозначности выбора.

The article is devoted to construction of the module that allows building a tender on the set of phonemes. Feature of the module is presence of morphemic level of set processing on which the transformation of sequence of phonemes to morphemes occurs, and probability model of passage from one morpheme to another. The given approach allows to take decisions on a choice of this or that morpheme in case of ambiguity of a choice mostly precisely.

**Введение.** Распознавание речи – многоуровневый процесс. Во многих языках, в том числе и в русском, существуют достаточно регулярные правила чтения – правила соответствия между буквами и фонемами. Сначала человек воспринимает звуки, не осмысливая их, на физическом уровне. Затем идёт процесс осмысления их на основе синтаксиса, грамматики, семантики и т.д. Однако существуют слова и фразы, которые могут быть восприняты двояко.

Зная тему разговора, часто достаточно услышать что-то весьма неопределённое, чтобы догадаться, о чём идёт речь. И наоборот: верно услышанное слово может быть принято за услышанное неверно, если оно не вяжется со смыслом или темой разговора. Приведем несколько примеров:

1. Абонемент. В украинской речи может быть распознано и как “або не мент” и как “абонемент”.
2. Ананас. Может быть распознано как “а на нас”, а может как “ананас”.
3. Сезоне. Может быть распознано как “сизо не”, а может как “сезоне”.

То есть на основе одного и того же набора фонем мы можем построить несколько гипотез. Таким образом, знание темы разговора позволяет нам принять верное решение, потому что определенная предметная область подразумевает специфический словарь. Значит, имея данные относительно встречаемости слов в контексте предметной области, мы можем с определенной вероятностью принять решение о верности той или иной фразы.

В данной статье рассматривается построение морфемного уровня обработки последовательности фонем. На сегодняшний день данная задача является очень актуальной для систем распознавания речи. Это объясняется растущими требованиями к дикторнезависимости разрабатываемых систем и увеличению размера словаря. Морфемный уровень встречается в системе Sirius [3]. Однако при построении модели в данной системе не используется вероятностная модель. Также программный продукт с морфемным уровнем обработки

слитной речи, Vocative Russian ASR Engine, предлагает компания Vocative.

Использование морфемного уровня и пофонемного распознавания может привести к незначительной потере качества распознавания, которое может быть компенсировано на других уровнях обработки сигнала, однако способствует повышению скорости распознавания.

**Постановка задачи.** Пусть задана входная последовательность фонем  $\{X_k\}$ , состоящая из  $N$  последовательно идущих фонем, не разделённых никакими знаками препинания и пробелами, представляющая собой фонетическую транскрипцию некоторой фразы.

Необходимо преобразовать данную последовательность  $\{X_k\}$  в фразу  $\{W_j\}$ , состоящую из  $K$  слов, отвечающую данному фонетическому набору.

Ввиду того, что в результате анализа слитной речи мы не всегда можем определить ударные гласные, будем считать, что все гласные безударные.

### 1. Транскрипционная система.

Одной из первоочередных задач является построение транскрипционной системы для русской речи.

Будем рассматривать анализ речи при помощи компьютера. В качестве элемента первичного анализа будем брать фонемы. В качестве фонетического алфавита будем использовать набор из 48 фонем: 12 - для гласных звуков (учитывая, что каждая гласная может быть ударной и безударной) и 36 - для согласных (учитывая, что каждая согласная может быть твердой и мягкой). Таким образом, наш алфавит:

- Гласные: а а! е е! о! и и! у у! ы ы! э!
- Согласные: б, б' в в' г г' д д' ж з з' й к к' л л' м м' н н' п п' р р' с с' т т' ф ф' х х' ц ч ш щ.

### 2. Построение гипотез

В ходе анализа слитной речи фонемы объединяются в морфемы. Будем рассматривать следующие типы морфем: приставка, корень, интерфикс, суффикс, окончание, целое слово. Таким образом, структуру каждого слова русского языка можно охарактеризовать следующей схемой.

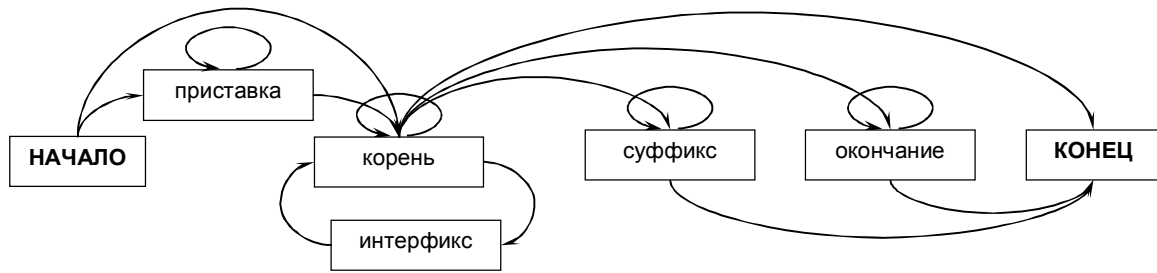


Рис. 1. Правила построения слова из морфем

Сформулируем вышеизложенную схему на языке предикатов.

Введем переменные  $M_{i-1}$  – предыдущая морфема и  $M_i$  – текущая морфема,  $W_j$  – текущее слово.

Введем следующие предикаты:

- $other(M_i)$  – морфема  $M_i$  является целым словом (например, предлог);
- $prefix(M_i)$  – морфема  $M_i$  является приставкой;
- $root(M_i)$  – морфема  $M_i$  является корнем;
- $interfix(M_i)$  – морфема  $M_i$  является интерфиксом;
- $suffix(M_i)$  – морфема  $M_i$  является суффиксом;
- $end(M_i)$  – морфема  $M_i$  является окончанием;
- $empty(M_i)$  – морфема  $M_i$  отсутствует;
- $combine(M_i, W_j)$  – добавить морфему  $M_i$  в конце слова  $W_j$ ;
- $new(M_i, W_j)$  – создать слово  $W_j$  и началом его будет морфема  $M_i$ ;
- $add(W_j)$  – добавить слово  $W_j$  в предложение.

На основе правил словообразования построим логическую систему:

- $\forall M_{i-1}, M_i (prefix(M_{i-1}) \wedge (prefix(M_i) \vee root(M_i)) \rightarrow combine(M_i, W_j))$
- $\forall M_{i-1}, M_i (root(M_{i-1}) \wedge (root(M_i) \vee interfix(M_i) \vee suffix(M_i) \vee end(M_i)) \rightarrow combine(M_i, W_j))$
- $\forall M_{i-1}, M_i (interfix(M_{i-1}) \wedge root(M_i) \rightarrow combine(M_i, W_j))$
- $\forall M_{i-1}, M_i (suffix(M_{i-1}) \wedge (suffix(M_i) \vee end(M_i)) \rightarrow combine(M_i, W_j))$
- $\forall M_{i-1}, M_i (end(M_{i-1}) \wedge end(M_i) \rightarrow combine(M_i, W_j))$
- $\forall M_{i-1}, M_i (empty(M_{i-1}) \wedge (other(M_i) \vee prefix(M_i) \vee root(M_i)) \rightarrow add(W_{j+1}) \wedge new(M_i, W_{j+1}))$
- $\forall M_{i-1}, M_i (other(M_{i-1}) \wedge (other(M_i) \vee prefix(M_i) \vee root(M_i)) \rightarrow add(W_{j+1}) \wedge new(M_i, W_{j+1}))$
- $\forall M_{i-1}, M_i (root(M_{i-1}) \wedge (other(M_i) \vee prefix(M_i) \vee root(M_i)) \rightarrow add(W_{j+1}) \wedge new(M_i, W_{j+1}))$
- $\forall M_{i-1}, M_i (suffix(M_{i-1}) \wedge (other(M_i) \vee prefix(M_i) \vee root(M_i)) \rightarrow add(W_{j+1}) \wedge new(M_i, W_{j+1}))$
- $\forall M_{i-1}, M_i (end(M_{i-1}) \wedge (other(M_i) \vee prefix(M_i) \vee root(M_i)) \rightarrow add(W_{j+1}) \wedge new(M_i, W_{j+1}))$

Объединяя полученные условия, получим:

$$\forall M_{i-1}, M_i ((prefix(M_{i-1}) \wedge (prefix(M_i) \vee root(M_i))) \vee (root(M_{i-1}) \wedge (root(M_i) \vee interfix(M_i) \vee suffix(M_i) \vee end(M_i)))) \vee (empty(M_{i-1}) \wedge (other(M_i) \vee prefix(M_i) \vee root(M_i))) \rightarrow add(W_{j+1}) \wedge new(M_i, W_{j+1}))$$

$$\begin{aligned} & \vee end(M_i)) \vee (interfix(M_{i-1}) \wedge root(M_i)) \vee \\ & \vee (suffix(M_{i-1}) \wedge (suffix(M_i) \vee end(M_i))) \vee \\ & \vee (end(M_{i-1}) \wedge end(M_i)) \rightarrow combine(M_i, W_j)) \vee \\ & \forall M_{i-1}, M_i (empty(M_{i-1}) \vee root(M_{i-1}) \vee \\ & \vee other(M_{i-1}) \vee root(M_{i-1}) \vee suffix(M_{i-1}) \vee \\ & \vee end(M_{i-1})) \wedge (other(M_i) \vee prefix(M_i) \vee root(M_i)) \rightarrow \\ & \rightarrow add(W_{j+1}) \wedge new(M_i, W_{j+1})) \end{aligned}$$

В ходе изучения проблемы была разработана программа, которая на основе фонем при помощи базы морфем строит некоторые гипотезы относительно исходной фразы. Так при исследовании фразы “В этом сезоне модны белоснежные одежды” результатом работы программы стало 21 грамматически и морфологически верных гипотез. Причем были получены как положительные, так и отрицательные гипотезы. Одной из отрицательных гипотез была: “В этом сезо не модны белоснежные одежды”.

Таким образом, очевидно, что недостаточно просто создать систему, которая бы работала на некоторых правилах построения слова из морфем. Также очень важной особенностью подобной системы является сбор статистических данных относительно встречаемости этих морфем в контексте предметной области.

### 3. Статистика следования морфем.

При сборе статистики учитывается вероятность перехода от определенной морфемы к другому типу морфем. Таким образом, мы можем судить о вероятности возникновения того или иного слова.

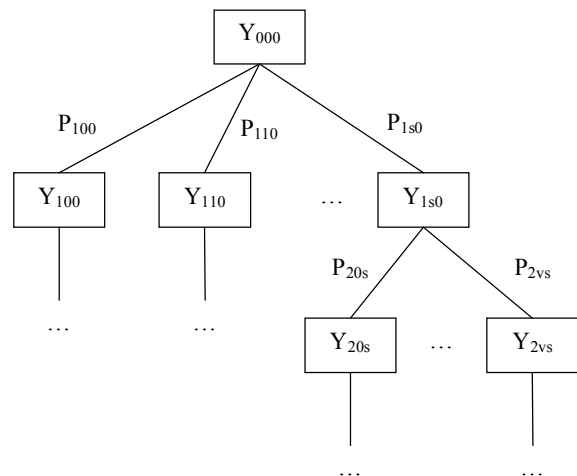


Рис. 2. Схема построения дерева гипотез

На основе гипотез, полученных в результате морфологического анализа последовательности фонем, строится некоторое дерево (рис.2.). Его можно представить в виде графа, каждой вершине которого соответствует очередное распознанное слово (то есть последовательность фонем), а грани – вес, который рассчитывается исходя из вероятности встречаемости морфем и вероятности перехода от одной морфемы к другой в пределах слова.

В такой системе при поиске учитывается встречаемость слов в контексте предметной области.

Сбор статистических данных осуществляется на основе обработки текстового материала предметной области. Входной материал преобразуется в текстовую транскрипцию, которая, в свою очередь, преобразуется в последовательность морфем. Минимально необходимый словарь должен создаваться на базе наиболее употребляемых фраз и выражений.

Рассмотрим следующий пример. Возьмем фразу “В этом сизо не модны белоснежные одежды” (рис.3). Результатом разбора последовательности морфем, отвечающей данной фразе, мы получим 21 возможную гипотез.

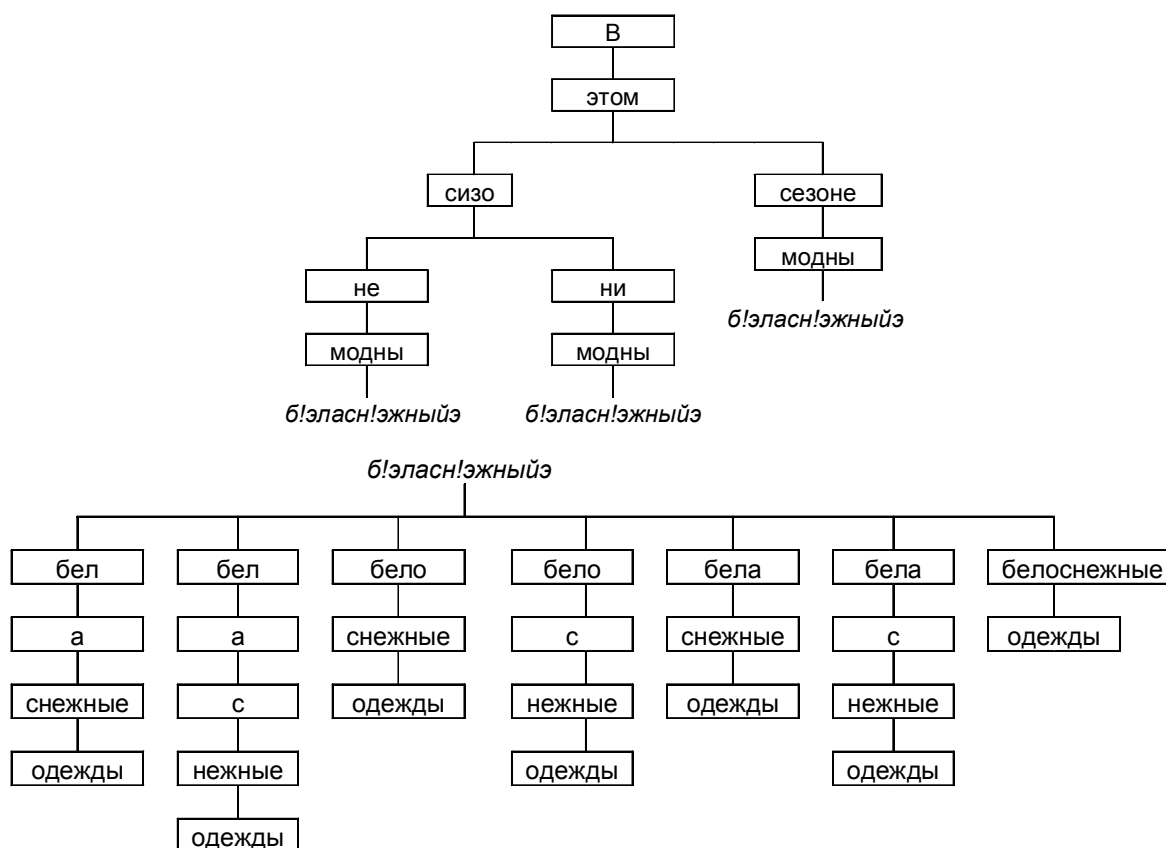


Рис. 3. Схема фразы “В этом сизо не модны белоснежные одежды”

Данное предложение соответствует предметной области “Мода”. На основе текстового материала данной области был создан некоторый небольшой словарь из 200 слов. Анализировался текст на 600 знаков, отвечающий данной предметной области.

Результаты анализа для данного предложения отображены в таблице 1.

Таким образом, видим, что слово “сизо” не присутствует в контексте данной предметной области, в результате чего мы можем отбросить гипотезу, в которой встречается слово “сизо”. В обучающем тексте также не встречалось слово “бел” и крайне редко встречались такие слова, как “бело” и “бела”, а значит наиболее вероятным является вариант со словом “белоснежный”.

## Выводы

Таким образом, мы приходим к выводу, что недостаточно строить систему только на основании правил верного построения слова. Требуется создать систему искусственного интеллекта, позволяющую принять максимально правильные решения в условиях неопределенности.

Был предложен метод вероятностного морфемного представления речи и предложен алгоритм, позволяющий на основе статистических данных построить фразу из последовательности фонем.

Таблиця 1. Статистика появи морфем для фрази "В этом сизо не модны белоснежные одежды".

Морфема	Тип	Вероятность	Вероятность перехода				
			Приставка	Корень	Интерфикс	Суффикс	Окончание
а	окончание	0,01600	–	–	–	–	0
е	окончание	0,02600	–	–	–	–	0
ы	окончание	0,04400	–	–	–	–	0
ые	окончание	0,01000	–	–	–	–	0
о	интерфикс	0,00800	–	0,2500	–	–	–
а	слово	0,00200	0	0	–	–	–
в	слово	0,04600	0	0	–	–	–
не	слово	0,01800	0	0	–	–	–
ни	слово	0,00200	0	0	–	–	–
с	слово	0,01800	0	0	–	–	–
этом	слово	0,00600	0	0	–	–	–
бел	корень	0,00400	0	0	0,8650	0	0,1350
мод	корень	0,01800	0	0	0	0,3333	0,6667
нежн	корень	0,00000	0	0	0	0	0
одежд	корень	0,02000	0	0	0	0	1,0000
сезон	корень	0,00800	0	0	0	0	1,0000
сизо	корень	0,00000	0	0	0	0	0
снеж	корень	0,00400	0	0	0	1,0000	0
н	суффикс	0,05400	–	–	–	0	1,0000

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.Л. Ронжин, А.А. Карпов, И.В. Ли, Система автоматического распознавания русской речи SIRIUS. Научно-теоретический журнал «Искусственный интеллект», №3. – Донецк, Украина, 2005, С. 590-601.
2. Богданов Д. С., Брухтий А. В., Кривнова О. Ф., Подрабинович А. Я., Строкин Г. С. Технология формирования речевых баз данных // Организационное управление и искусственный интеллект. Сборник трудов Института системного анализа РАН. . 2003.
3. Джордж Ф. Люггер. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, Четвертое издание. – М: Вильямс, 2005г. – 864 стр. с ил.

пост. 04.09.08

## Деякі аспекти математичного моделювання формування процесу стоку річок Закарпаття

МЕЛЬНИК Т.П.

Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне

Створена математична модель для визначення параметрів течії, з'ясування зон реального і можливого затоплення при проходженні максимальних витрат, що може бути основою для детального просторового прогнозування стоку води.

Создана математическая модель для определения параметров течения, определения зон реального и возможного затопления при прохождении максимальных расходов, что может быть основой для детального пространственного прогнозирования стока воды.

The created mathematical model for determination of parameters of flow, finding of areas of the real and possible submergence out at passing of maximal charges, that can be a basis for the detailed spatial prognostication of flow of water.

**Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими завданнями.** В Україні щорічно виникає бі-

льше 200 надзвичайних ситуацій тільки природного походження, до яких відносяться явища метеорологічного,

