

Г. БЕКМАНОВА

## ТРАНСКРИПТОР КАЗАХСКИХ СЛОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

В данной работе разработан фонетический алфавит казахского языка для транскриптора казахских слов блока распознавания речи. Предпринята попытка минимизировать фонетический алфавит казахского языка с точки зрения акустической классификации звуков казахской речи. Представлены таблицы трансляции из традиционного алфавита в промежуточный сокращенный алфавит и затем в международную и упрощенные транскрипции слова на основе формализованных правил казахского языка, связанных с лингвистическими правилами, такими как оглушение и озвончение согласных на стыках звуков и т.д.

Автоматический транскриптор – программа перевода любого орфографического текста в транскрикционную запись и, наоборот, на основе лингвистических правил [1].

Транскриптор слов в транскрикционную запись присутствует во всех системах обработки естественного языка, таких как переводчики, системы распознавания или синтеза речи. Однако в зависимости от целевого назначения системы выбирается та или иная модель транскриптора. Так, например, для систем распознавания речи

может использоваться упрощенная транскрипция, тогда как для систем синтеза речи необходимо использовать наиболее подробную транскрипцию, содержащую акустические характеристики звуков.

Данная модель транскриптора разработана для систем автоматического распознавания казахской речи (рис. 1).

Фонетический алфавит является основой работы блока распознавания речи. Символам фонетического алфавита однозначно должны со-

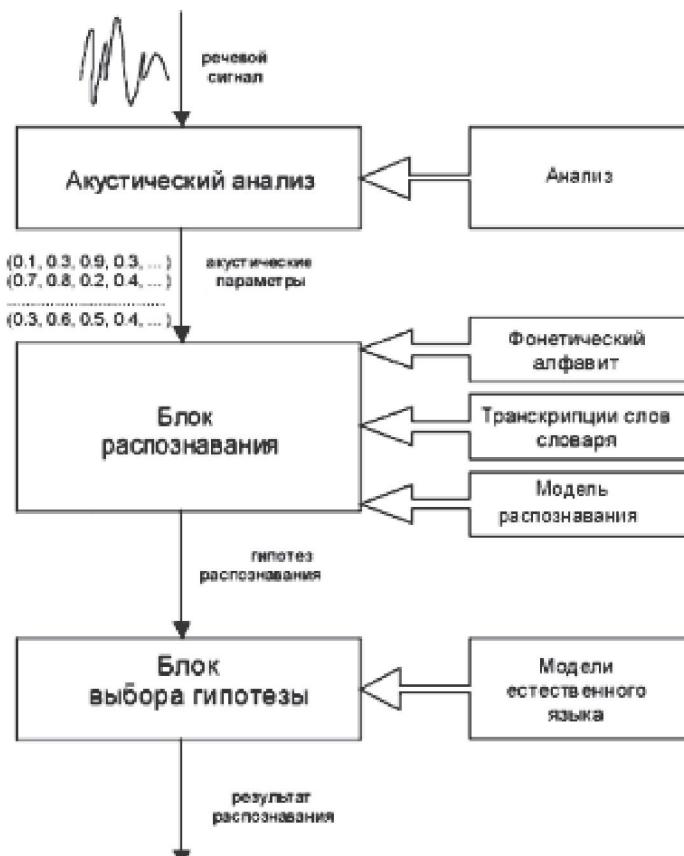


Рис. 1. Система распознавания казахской речи

Таблица 1. Символы действующего алфавита и промежуточного алфавита

Действующий алфавит	Промежуточный алфавит	Действующий алфавит	Промежуточный алфавит
А	А	Б	Б
Ә	Ә	В	В
Е	Е	Г	Г
О	О	Ғ	Ғ
Ө	Ө	Д	Д
Ү	Ү	Ж	Ж
Ү	Ү	З	З
Ы	Ы	Й	Й
Ӯ	Ӯ	К	К
Э	Е	Қ	Қ
Я	ЙА	Л	Л
Ю	ЙУ	М	М
Ё	ЙО	Н	Н
И	ЙЙ	Ң	Ң
И	ЙЙ	П	П
Ч	Ш	Р	Р
Ш	Ш	С	С
Ц	С	Т	Т
Ң	Х	Ү	Ү
Ҙ	-	Ш	Ш
Ь	-	Ф	Ф
	Х	Х	

ответствовать те звуки, различие которых существенно в процессе распознавания. Поэтому минимизация размеров фонетического алфавита без ущерба для качества распознавания должна быть проведена путем отождествления в алфавите только тех звуков, которые являются наиболее близкими по звучанию с точки зрения человека [2].

Поэтому для правильного построения транскриптора и использования фонетического алфавита сначала нужно перевести запись слова в промежуточный алфавит из 31 буквы, которые свойственны казахскому языку. На втором этапе такая запись слова транслируется по формализованным лингвистическим (фонологическим) правилам казахского языка [1]. На третьем этапе полученные слова транслируются в транскрипционную запись в символах международной транскрипции.

Следует отметить, что действующий кириллизированный алфавит казахского языка вместо 31 буквы содержит 42 буквы. Из них 11 букв ошибочно введены в 1940 году только для того, чтобы написание и чтение русских слов в казахском тексте осуществлялось в соответствии с нормами русского языка. К ним относятся: Ё, И, Ч, Ш, Ц, Н, Э, Ю, Я, Ъ, Ы.

Поэтому для правильного построения транскриптора и использования фонетического алфавита сначала нужно перевести запись слова в промежуточный алфавит из 31 буквы. Соответствие символов в таблице 1.

В казахском языке имеются 9 гласных звуков, их обозначения и классификация групп по акустическим и артикуляционным признакам приводятся в таблице 2.

В казахском языке имеются 22 согласных звука. В таблице 5 приводятся их обозначения и классификация [3].

Введем следующие обозначения для гласных звуков:  $G$  – множество гласных звуков казахского языка,  $G_1$  – множество твердых гласных звуков,  $G_2$  – множество мягких гласных звуков,  $G_3$  – множество негубных гласных звуков,  $G_4$  – множество губных гласных звуков,  $G_5$  – множество заднеязычных гласных звуков,  $G_6$  – множество переднеязычных гласных звуков,  $G_7$  – множество открытых гласных звуков,  $G_8$  – множество закрытых гласных звуков,  $G_9$  – срединный гласный звуков в попарно различных признаках звуков в каждой группе, т.е.

$$G = \{A, \varTheta, O, \varTheta, Y, \bar{Y}, \bar{B}I, I, E\};$$

$$G_1 = \{A, O, Y, \bar{B}\} \subseteq G;$$

$$G_2 = \{\varTheta, \varTheta, Y, I\} \subseteq G;$$

Таблица 2. Обозначение и классификация гласных звуков казахского языка.

Обозначение в алфавите		Акустические признаки		Артикуляционные признаки					
				Участие губ		Горизонтальное положение языка		Вертикальное положение языка	
на основе кириллицы	фонетических знаков	твёрдые	мягкие	негубной	губной	заднеязычные	переднеязычные	открытые	Закрытые
<i>A</i>	[a]	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>Ә</i>	[ж]	-	+	+	-	-	+	+	-
<i>O</i>	[o]	+	-	-	+	+	-	+	-
<i>Ө</i>	[ө]	-	+	-	+	-	+	+	-
<i>Y</i>	[ү]	+	-	-	+	+	-	-	+
<i>Ү</i>	[ү]	-	+	-	+	-	+	-	+
<i>Ы</i>	[ш]	+	-	+	-	+	-	-	+
<i>I</i>	[і]	-	+	+	-	-	+	-	+
<i>E</i>	[ى]		+		+		+		+

$$G_3 = \{A, \Theta, Ә, I\} \subseteq G;$$

$$G_4 = \{O, Ө, Y, Ү\} \subseteq G;$$

$$G_5 = \{A, O, Y, Ү\} \subseteq G;$$

$$G_6 = \{\Theta, Ө, Y, I\} \subseteq G;$$

$$G_7 = \{A, \Theta, O, Ө\} \subseteq G;$$

$$G_8 = \{Y, Ү, Ә, I\} \subseteq G;$$

$$G_9 = \{E\} \subseteq G.$$

Также введем обозначения для согласных звуков:  $S$  – множество согласных звуков казахского языка,  $S_1$  – множество глухих согласных звуков,  $S_2$  – множество звонких согласных звуков,  $S_3$  – множество сонорных согласных звуков,  $S_4$  – множество губных согласных звуков,  $S_5$  – множество переднеязычных согласных звуков,  $S_6$  – множество среднеязычных согласных звуков,  $S_7$  – множество заднеязычных согласных звуков,  $S_8$  – множество смычных согласных звуков,  $S_9$  – множество круглощелевых согласных звуков,  $S_{10}$  – множество плоскощелевых согласных звуков,  $S_{11}$  – множество дрожащих согласных звуков,  $S_{12}$  – множество боковых согласных звуков, т.е.

$$S_1 = \{K, Қ, П, Փ, С, T, X, Ӣ\} \subseteq S;$$

$$S_2 = \{Б, В, Г, F, ҆, Ж, Ӡ\} \subseteq S;$$

$$S_3 = \{Й, Ӆ, М, Н, Ҥ, Р, Ү\} \subseteq S;$$

$$S_4 = \{Б, М, П, Ү\} \subseteq S;$$

$$S_5 = \{Д, Ж, Ӡ, Ӆ, Н, Р, С, Т, Ӣ\} \subseteq S;$$

$$S_6 = \{Б, Г, Қ, Փ\} \subseteq S;$$

$$S_7 = \{F, Й, Қ, X\} \subseteq S;$$

$$S_8 = \{Б, Г, F, ҆, K, Қ, M, Н, Ҥ, П, T\} \subseteq S;$$

$$S_9 = \{Ӡ, С, Ү\} \subseteq S;$$

$$S_{10} = \{Ж, Й, Ӣ\} \subseteq S;$$

$$S_{11} = \{P\} \subseteq S;$$

$$S_{12} = \{Ӆ\} \subseteq S;$$

Пусть  $A$  – алфавит казахского языка, т.е.  $A = G \cup S$ , тогда множество всех цепочек (слов) конечной длины в алфавите  $A$  обозначается как:

$$A^* = A^0 \cup A^1 \cup A^2 \cup A^3 \cup \dots, \quad (1)$$

где  $A^0 = \{\varepsilon\}$  – множество слов длины 0,  $A^1 = A$  – множество слов длины 1,  $A^2 = A \times A$  – множество слов длины 2,  $A^3 = A \times A \times A$  – множество слов длины 3,  $\times$  – знак операции прямого (декартового) произведения множества.

Элементы множества  $A^*$  будут обозначаться строчными (малыми) греческими буквами:  $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ . При этом слово длины 0 (пустое слово) всегда будет обозначаться через  $\varepsilon$ .

Множество всех слов не нулевой длины в алфавите  $A$  обозначим через  $A^+$ , которое образуется исключением из  $A^*$  множество пустых слов, т.е.

$$A^+ = A^* \setminus \{\varepsilon\} \quad (2)$$

Ясно, что любая фонологическая единица казахского языка является элементом множества  $A^+[4,5]$ .

Теперь приступим к формализации фонологических правил казахского языка:

1. *Стык двух глухих согласных. На стыке двух глухих согласных в одном слове или в случае, когда одно слово заканчивается на глухой согласный звук, а другое слово начинается с глухого согласного звука, оба эти согласные звуки остаются глухими:*

$$\alpha \sqsubseteq \gamma, \alpha = \alpha, x, \alpha \neq \varepsilon, x \in S, \beta \sqsubseteq \gamma, \beta = y\beta, y \in S \\ \gamma = (\alpha x)(y\beta) \quad (3)$$

**Пример:** Стык двух глухих согласных возможен в корне слова “*акпап*”, “*акпар*”, на стыке

Таблица 3. Обозначение и классификация согласных звуков казахского языка

Обозначение в алфавите		Акустические признаки										
На основе кирил- лицы	Фонети- ческих знаков	Участие голоса			Место образования				Способ образования			
		Глухие	Звонкие	Сонорные	Губные	Передне- язычные	Средне- язычные	Задне- язычные	Смыч- ные	Кругло- щелевые	Плоско- щелевые	Дрожа- щие
		-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-
Б	[b]	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-
В	[v]	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Г	[g]	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Ғ	[G]	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Д	[d]	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-
Ж	[z]	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-
З	[ ]	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-
Й	[j]	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-
Қ	[k]	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Қ	[q]	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Л	[l]	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+
М	[m]	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-
Н	[n]	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
Ң	[N]	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
П	[p]	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
Р	[r]	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+
С	[s]	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
Т	[t]	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
Ү	[w]	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-
Ш	[ ]	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
Ф	[h]	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Х	[f]	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-

корня и аффикса (суффикса или окончания) “атақпен”, “бакпен”, на стыке двух слов “ақ санды?”, “ақ саяса?”. Во всех этих случаях превращения глухих согласных не происходит[6].

2. Стык двух согласных глухого и сонорного.

2.1. На стыке двух согласных глухого и сонорного в одном слове или в случае, когда одно слово заканчивается на глухой переднеязычный согласный (*c, t, sh*), а другое начинается с сонорного согласного звука, тогда глухой согласный остается глухим, а сонорный согласный остается сонорным:

$$\underline{\alpha \sqsubseteq \gamma, \alpha = \alpha, x, \alpha \neq e, x \in S_1 \cap S_2, \beta \sqsubseteq \gamma, \beta = y\beta_1, y \in S_1}, \quad (4)$$

где  $\{C, T, Ш\}$ .

**Пример:** Стык двух согласных глухого и сонорного возможен в корне слова “асмар”, на стыке корня и постфиксса (суффикса или окончания) “бетмонша?”, на стыке двух слов “жас мал”. Во всех этих случаях превращения согласных не происходит[6].

2.2. На стыке двух согласных глухого и сонорного в одном слове или в случае, когда одно слово заканчивается на глухой непереднеязычный согласный (*k, q, n, ф, x*), а другое начинается с сонорного согласного звука, тогда глухой согласный, заменяется на парный ему звонкий согласный:

$$\underline{\alpha \sqsubseteq \gamma, \alpha = \alpha, x, \alpha \neq e, x \in S_1, \beta \sqsubseteq \gamma, \beta = y\beta_1, y \in S_2}, \quad (5)$$

где  $S_{15} = S_1 - (S_1 \cap S_2)$ .

**Пример:** Стык двух согласных глухого и сонорного возможен на стыке двух корней Бекмагамбет (произносится Бегмагамбет), Ақнұр (произносится Акнұр) в сложных словах и на стыке двух слов ақ мандай (произносится акмандай), көк найза (произносится көгнайза). Во всех этих случаях происходит превращения согласных[6].

3. На стыке двух согласных звонкого и глухого в слове или на стыке двух слов, звонкий согласный остается звонким, а глухой согласный заменяется на парный ему звонкий

или

звуккий согласный заменяется на парный ему глухой согласный, а глухой согласный остается глухим согласным

$$\underline{\alpha \sqsubseteq \gamma, \alpha = \alpha, x, \alpha \neq e, x \in S_1, \beta \sqsubseteq \gamma, \beta = y\beta_1, y \in S_2}, \quad (6)$$

$$\gamma = (\alpha x)(z\beta_1)$$

$$\underline{\alpha \sqsubseteq \gamma, \alpha = \alpha, x, \alpha \neq e, x \in S_2, \beta \sqsubseteq \gamma, \beta = y\beta_1, y \in S_1}, \quad (7)$$

$$\gamma = (\alpha z)(y\beta_1)$$

**Пример:** Стык двух согласных звонкого и глухого возможен на стыке корня и постфиксса и на стыке двух корней сөзсіз (произносится сөссіз), қымызқор (произносится қымысқор) и на стыке двух слов тез пісті (произносится тес пісті), жүз пышақ (произносится жұз пышақ). Однако можно произнести и следующим образом қымызқор - қымызғор, тезпісті тезбісті, жұз пышақ - жұз бышак [6].

4. На стыке двух согласных глухого и звонкого в слове или на стыке двух слов, глухой согласный заменяется на парный ему звонкий согласный, а звонкий согласный остается звонким согласным

или

глухой согласный остается глухим согласным, а звонкий согласный заменяется на парный ему глухой согласный.

$$\underline{\alpha \sqsubseteq \gamma, \alpha = \alpha, x, \alpha \neq e, x \in S_2, \beta \sqsubseteq \gamma, \beta = y\beta_1, y \in S_1}, \quad (8)$$

$$\gamma = (\alpha_1 z)(y\beta_1)$$

$$\underline{\alpha \sqsubseteq \gamma, \alpha = \alpha, x, \alpha \neq e, x \in S_1, \beta \sqsubseteq \gamma, \beta = y\beta_1, y \in S_2, z \in S_1}, \quad (9)$$

$$\gamma = (\alpha_1 x)(z\beta_1)$$

**Пример:** Стык двух согласных глухого и звонкого возможен в корне слова ақбар (произносится акпар), на стыке корня и постфиксса не встречается, на стыке двух слов ақ гүл (произносится акқүл). Во всех этих случаях происходит превращение звонкого согласного в глухой согласный. Однако можно произнести эти слова по-другому ақбар (произносится ағбар), ақ гүл (произносится ағгүл)[6].

Полученные таким образом формальные фонологические правила казахского языка позволяют построить транскриптор, который автоматически строит транскрипционную запись слова, что является важным элементом при разработке системы распознавания казахской речи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богданова Н. В. Живые фонетические процессы русской речи. Великолукская городская типография, 2001 г.

2. Бабин Д. Н., Мазуренко И. Л., Холоденко А. Б. О перспективах создания системы автоматического распознавания слитной русской речи

3. Шерипбаев А., Төреканов С. Қазақ тілі даусты дыбыстар жүйесінің математикалық моделі // Вестник ЕНУ № 3–4, 2002 г.

4. Шарипбаев А. А., Бекманова Г. Т. Формализация фонологических закономерностей казахского языка для систем автоматического распознавания речи. Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. Научный журнал, Алматы, 2008, №6, С. 42-46.

5. Шарипбаев А. А., Бекманова Г. Т. Математические методы распознавания сочетания звуков казахского языка, Труды Международной научно-практической конференции «Информационно-инновационные технологии: интеграция науки, образования и бизнеса», Алматы, 2008. - С. 216-220.

6. Қазак грамматикасы. Фонетика, сөзжасам, морфология, синтаксис. Астана, 2002. С. 65–98.

### **Резюме**

Бұл жұмыста сөйлеуді тану блогының қазақ сөздері транскрипторына арналған қазақ тілінің фонетикалық әліпбій жасалған. Қазақ тілінің дыбыстарының акустикалық таптау түрғысынан қазақ тілінің фонетикалық

әліпбій минимизациялау талпынысы жасалды. Дәстүрлі әліпбиден аралық қысқартылған әліпбиге аударғыш кестесі ұсынылған және дыбыстар қылышында дауысыз әріпперді дыбыстай мен дыбыссыздандыру сиякты лингвистикалық ережелермен байланысты қазақ тілінің формальды ережелері негізінде қысқартылған және халықаралық транскрипциялары ұсынылды.

### **Summary**

This work is including the phonetic alphabet of the Kazakh language for transcription of the Kazakh words for block of speech recognition. The phonetic alphabet of the Kazakh language is minimized from the point of view of acoustic classification of sounds of the Kazakh speech. Tables of translation from the traditional alphabet to the intermediate reduced alphabet and to the international and simple transcriptions are submitted. The formalized rules of the Kazakh language connected to linguistic rules, such as devocalization and vocalization concordant sounds on joints are used

УДК 004.432.4

Евразийский национальный  
университет им. Л.Н. Гумилева

Поступила 23.09.09 г.