



УДК 681.327.12:534.78

## ПАРНЫЕ СРАВНЕНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ФРАГМЕНТОВ РЕЧИ PAIRED COMPARISONS IN THE ANALYSIS OF FRAGMENTS OF SPEECH

Е.Г. Жилияков, Е.Т. Жилиякова, С.П. Белов, О.В. Белова  
E.G. Zhilyakov, E.T. Zhilyakova, S.P. Belov, O.V. Belova

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85  
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru, ezhilyakova@bsu.edu.ru, belov@bsu.edu.ru, belova.oxan@yandex.ru

*Аннотация.* В настоящее время для более детальной оценки не только степени смысла произносимой речи, но и особенностей голоса говорящего, а также динамики речи, разрабатываются такие подходы, которые позволяли бы осуществлять не только своего рода «интегральную» оценку с наименьшими затратами на ее реализацию, но и определять важность той или иной составляющей речи с учетом специфики областей, в которых проводятся эти экспертные процедуры. В статье предлагается для анализа фрагментов речи использовать разработанный метод парных сравнений.

*Resume.* Currently, more detailed assessment of not only the degree of sense uttered speech, but also features a speaker's voice, as well as the dynamics of speech, developing such approaches, which would allow to carry out not only a kind of "integrated" assessment of cost-effective in its implementation, but also to determine the importance of a particular component of the speech-specific areas in which to conduct these expert procedures. The article proposes to analyze the utterances used a method developed by pairwise comparisons.

*Ключевые слова:* фрагменты речи, экспертные оценки, процедуры поддержки принятия решений, матрицы парных сравнений, критерии и альтернативы, калибровка.

*Keywords:* fragments of speech, expert assessments, procedures to support the decision-making matrix of pairwise comparisons, criteria and alternatives calibration.

### Введение

Одной из важнейших характеристик при оценке качества распознавания фрагментов речи является разборчивость, позволяющая оценить в процентном или балльном выражении число правильно произнесенных звуков, слогов, слов, фраз к достаточно большому общему их числу. Вместе с тем, необходимо отметить, что речь, являясь одной из самых ярких характеристик индивидуума, содержит в себе не только смысловую, но эстетическую информацию. Поэтому в настоящее время для более детальной оценки не только степени смысла произносимой речи, но и особенностей голоса говорящего, а также динамики речи, разрабатываются такие критерии, которые позволяли бы осуществлять не только своего рода «интегральную» оценку с наименьшими затратами на ее реализацию, но и определять важность той или иной составляющей речи с учетом специфики областей, в которых проводятся эти экспертные процедуры.

Такие процедуры, включая необходимое информационное обеспечение, принято называть процедурами поддержки принятия решений, имея в виду способы их обоснования и рекомендательный характер. Отметим, что окончательное решение о приемлемости того или иного варианта является прерогативой наделённого соответствующими полномочиями лица, которого принято именовать лицом, принимающим решения (ЛПР).

Очевидно, что процедура поддержки принятия решений при оценке качества распознавания фрагментов речи должна быть иерархической, то есть сначала определяются важности критериев, затем – важности альтернатив с точки зрения каждого из них, а в конце должны определяться интегральные оценки важностей каждой из альтернатив.

Представляется целесообразным уточнить некоторые понятия и более подробно описать процедуры оценивания важностей сравниваемых объектов, под которыми в рассматриваемом случае будем понимать разборчивость, громкость, естественность и мешающее влияние помех.

### Метод парных сравнений

Пусть символы  $A_i, i = 1, \dots, NN$ , означают  $NN$  некоторых сравниваемых объектов, из которых предстоит осуществить выбор наиболее подходящего с позиций набора из  $M$  критериев  $K_k, k = 1, \dots, M$ . В качестве показателей превосходств одних альтернатив перед другими предлагается

использовать их весомости в виде положительных чисел  $w_i, i = 1, \dots, NN$ , сумма которых равна единице, то есть предполагается выполнение равенства

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1, w_i > 0, i = 1, \dots, NN. \quad (1)$$

Проблема как раз и заключается в определении этих весомостей, так чтобы в качестве наиболее предпочтительного варианта выбрать альтернативу с наибольшей из них. Для описания такой процедуры представим её в виде иерархической схемы, изображённой на рисунке 1.

На рисунке 1 представлена трехуровневая иерархия, позволяющая проиллюстрировать процедуру принятия решений по выбору наилучшей альтернативы из сформированного заранее списка по результатам их сравнений на основе также заранее сформированного набора критериев. Стрелки обозначают направление сравнений, причём имеется в виду, что альтернативы сравниваются с точки зрения каждого из критериев.

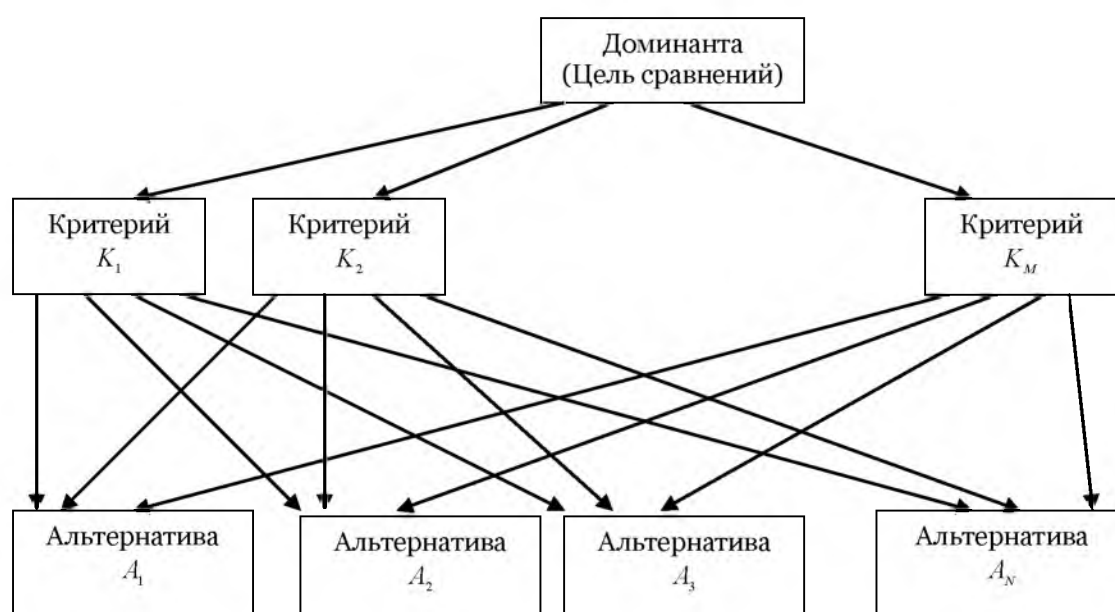


Рис. 1. Иерархическое представление процедуры выбора альтернатив

Fig. 1. A hierarchical view of selection procedures of alternatives

Способ сравнений будет конкретизирован ниже. Сначала представляется целесообразным описать в общем виде процедуру вычисления интегральных весомостей альтернатив. При этом предполагается, что сначала вычислены весомости критериев в виде положительных чисел  $f_k, k = 1, \dots, M$ , сумма которых равна единице, то есть выполняются условия

$$\sum_{k=1}^M f_k = 1, f_k > 0, k = 1, \dots, M. \quad (2)$$

Отметим, что сравнение критериев осуществляется с позиций их важности в контексте решаемой задачи.

Далее вычисляются наборы весомостей альтернатив с точки зрения каждого из критериев. При этом эти весомости также должны быть больше нуля и в сумме для каждого из критериев дают единицу, то есть выполняются равенства

$$\sum_{i=1}^N v_{ik} = 1, v_{ik} > 0, i = 1, \dots, N; k = 1, \dots, M, \quad (3)$$

здесь  $v_{ik}, i = 1, \dots, NN; k = 1, \dots, M$  - весомость  $i$ -той альтернативы с точки зрения  $k$ -того критерия. Иными словами, речь идёт о сравнениях, которые на рисунке 1 определяются стрелками, выходящими из соответствующего прямоугольника. Перечисленные совокупности весомостей критериев и соответствующих им весомостей альтернатив сведены в таблицу 1.



Таблица 1  
Table 1

**Схема вычислений интегральных весомостей альтернатив**  
**The scheme of calculation integral of suspended alternatives**

	Весомости альтернативы $A_1 : v_{1k}$	Весомости альтернативы $A_2 : v_{2k}$	Весомости альтернативы $A_3 : v_{3k}$	Весомости альтернативы $A_N : v_{Nk}$
Весомость первого критерия: $f_1$	$v_{11}$	$v_{21}$	$v_{31}$	$v_{N1}$
Весомость второго критерия $f_2$	$v_{12}$	$v_{22}$	$v_{32}$	$v_{N2}$
Весомость последнего критерия: $f_M$	$v_{1M}$	$v_{2M}$	$v_{3M}$	$v_{NM}$
Интегральные весомости альтернатив	$w_1 = \sum_{k=1}^M f_k v_{1k}$	$w_2 = \sum_{k=1}^M f_k v_{2k}$	$w_3 = \sum_{k=1}^M f_k v_{3k}$	$w_N = \sum_{k=1}^M f_k v_{Nk}$

Отметим, что эта таблица имеет  $N + 1$  столбцов и  $M + 2$  строк. Уточним, что в клетках этой таблицы должны помещаться численные значения весомостей альтернатив с точки зрения соответствующих критериев, численные значения весомостей которых должны находиться в самом левом столбце.

В свою очередь последняя строчка таблицы содержит результаты вычислений интегральных весомостей на основе приведенных формул.

Отметим, далее, что общая формула для вычислений интегральных весомостей имеет вид

$$w_i = \sum_{k=1}^M f_k v_{ik}, i = 1, \dots, NN. \tag{4}$$

Если теперь просуммировать по индексу  $i$ , то получим

$$\sum_{i=1}^N w_i = \sum_{k=1}^M f_k \sum_{i=1}^N v_{ik} = 1 * \sum_{k=1}^M f_k = 1 * 1 = 1, \tag{5}$$

иными словами, условие (1) равенства суммы полученных весомостей единице будет выполняться. Отметим, что при выводе равенства (5) были последовательно использованы условия (3) и (2) соответственно.

Обратимся теперь к проблеме определения весомостей сравниваемых объектов с некоторой точки зрения (решаемой задачи для критериев или с точки зрения каждого из критериев для альтернатив).

Наиболее распространённым способом экспертного оценивания, как было отмечено выше, являются балльные оценки. При этом количество баллов выбирается исходя из некоторой заранее оговоренной шкалы, например, из максимального количества пять, десять или сто баллов. Важным аргументом в пользу такого подхода является то, что существует некоторый консенсус в интерпретации балльных оценок, основанный на многолетнем опыте их использования и невозможности однозначных выводов в пользу иных подходов.

Вместе с тем следует отметить, что с точки зрения методологии такое оценивание означает, что эксперт уподобляется некоторому измерительному прибору с абсолютной шкалой, то есть ему известно начало отсчёта «ноль», относительно которого и отсчитывается балльная оценка. Таким образом, результаты балльного оценивания, хотя и могут быть использованы для сравнений различных объектов, всё же предназначены скорее для оценки с позиций эксперта состояния одного из них, например, с целью улучшения в дальнейшем оцениваемого показателя.

Кроме того, отметим, что в силу указанной методологической особенности балльные оценки трудно комплексировать (находить интегральные весомости), когда критериев сравнений несколько.

Поэтому, несмотря на распространённость балльного оценивания, представляется целесообразным для решения задачи выбора из нескольких альтернативных вариантов наиболее с позиций эксперта приемлемого использовать более адекватные подходы отбора и обработки экспертной информации, которые изначально предназначены для проведения сравнительных исследований. Такими процедурами отбора и обработки экспертной информации, адекватно отражающими сущность принятия решений по выбору наиболее приемлемого с точки зрения эксперта варианта из некоторого их набора, являются парные сравнения.



### Методология и реализация методов парных сравнений

Основным инструментом, используемым при методах парных сравнений, служат так называемые матрицы парных сравнений (МПС). Матрицами парных сравнений (МПС) принято называть квадратные таблицы следующего вида.

Таблица 2

Table 2

#### Пример МПС для альтернатив The example of MPS for alternatives

	Наименование альтернативы $A_1$	Наименование альтернативы $A_2$	Наименование альтернативы $A_3$	Наименование альтернативы $A_N$
Наименование альтернативы $A_1$				
Наименование альтернативы $A_2$				
Наименование альтернативы $A_3$				
Наименование альтернативы $A_N$				

Отметим, что имеется в виду наличие  $NN+1$  строк и столбцов (по числу альтернатив плюс надписи). Клетки МПС предназначены для заполнения числами, которые служат оценками некоторых функций от искомых весоностей, то есть имеются в виду соответствия типа

$$c_{ij} \approx F_{ij}(v_{1k}, v_{2k}, \dots, v_{Nk}), i, j = 1, \dots, NN. \quad (6)$$

Здесь  $c_{ij}, i, j = 1, \dots, NN$ , означает клетку МПС на пересечении  $i$ -той строки и  $j$ -того столбца.

Многомерные функции  $F_{ij}(v_{1k}, v_{2k}, \dots, v_{Nk}), i, j = 1, \dots, NN$  заранее определяются и сообщаются эксперту. Наиболее распространенными в настоящее время являются следующие из них:

1. Разностные функции

$$F_{ij}(v_{1k}, v_{2k}, \dots, v_{Nk}) = v_{ik} - v_{jk}, i, j = 1, \dots, NN. \quad (7)$$

2. Вероятностные функции

$$F_{ij}(v_{1k}, v_{2k}, \dots, v_{Nk}) = v_{ik} / (v_{ik} + v_{jk}), i, j = 1, \dots, NN. \quad (8)$$

3. Отношения весоностей

$$F_{ij}(v_{1k}, v_{2k}, \dots, v_{Nk}) = v_{ik} / v_{jk}, i, j = 1, \dots, NN. \quad (9)$$

Центральным моментом является то, что клетки МПС должны заполняться числами из некоторых наборов, которые заранее определяются в соответствии с типом оцениваемых функций. Эти наборы чисел принято называть шкалами.

Для придания процессу сравнений большей прозрачности принято эти числа считать количественными мерами превосходств или проигрышей сравниваемых альтернатив, которые выражаются качественными суждениями типа «сравнимо», «превосходит», «существенно превосходит» и т.п., причём шкалы количественных суждений также формируются заранее и сообщаются эксперту.

Отметим также, что функции вида (7)-(9) порождают вполне определённые соотношения между элементами МПС с симметричными индексами. Эти соотношения принято называть калибровками. Легко также понять, что диагональные клетки МПС соответствуют одинаковости сравниваемых объектов и поэтому должны заполняться числами, которые вычисляются на основе этих функций при равенстве аргументов. Указанные калибровки, очевидно, имеют следующий вид.

1. Разностная калибровка

$$\begin{aligned} c_{ij} &= -c_{ji}, \\ c_{ii} &= 0, \\ i, j &= 1, \dots, N \end{aligned} \quad (10)$$



2. Вероятностная калибровка

$$\begin{aligned} c_{ij} + c_{ji} &= 1, \\ c_{ij} &= 0,5, \dots \\ i, j &= 1, \dots, N \end{aligned} \tag{11}$$

3. Степенная калибровка

$$\begin{aligned} c_{ij} &= 1/c_{ji}, \\ c_{ij} &= 1, \dots \\ i, j &= 1, \dots, NN \end{aligned} \tag{12}$$

Ясно, что помещаемые в диагонали числа должны также использоваться для выражения эквивалентности сравниваемых альтернатив. Таким образом, они определяют точку начала отсчёта превосходств/проигрышей в шкале соответствующей калибровки, что также является преимуществами методов парных сравнений.

Очевидно, что рассмотренные выше калибровки вполне адекватно отражают сущность сравнительных исследований совокупности объектов на основе определения их весомостей. Вместе с тем, с позиций удовлетворения требованию положительности и равенства суммы иерархических интегральных оценок весомостей единице (условие (1)) из соотношения (5) следует необходимость выполнения аналогичных требований вида (2) и (3) для оценок весомостей критериев и альтернатив с точки зрения каждого из них.

Указанным требованиям удовлетворяет только степенная калибровка (12), соответствующая оцениванию отношения весомостей вида (9), так как отношение весов не зависит от коэффициента, на которые они оба могут быть умножены в соответствии с выбранной шкалой высказываний.

Таким образом, представляется целесообразным в задачах анализа фрагментов речи при выборе из альтернативных решений на основе экспертных оценок применять отбор и обработку экспертной информации по разработанному методу парных сравнений с использованием МПС со степенной калибровкой (с оценкой отношений искомым весомостей).

*Исследования частично финансировались в рамках грантов РФФИ №15-07-01463 и №15-07-01570*

**Список литературы  
References**

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.  
Saati, T. Prinjatje reshenii. Metod analiza ierarxii/T. Saati. – М.: Radio I svjazi, 1993.-320 s.
2. Путивцева, Н.П. Применение метода парных сравнений для анализа учебных планов с использованием модели профессиональных ИКТ-компетенций / С.В. Игрунова, С.Н. Девицына, Н.П. Путивцева // Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. – 2009. - №9(64), вып. 11/1. – С. 186-190.  
Putivseva, N.P. Primenenie metoda parnyx sravnenii dlja analiza yчебnyx planov s ispolizovaniem modeli professionalnyx ИКТ-kompetensii/S.V. Igrunova, S.N. Devisina, N.P. Putivseva//Naychye vedomosti BelGY, Serija Istorija. Politologija. Ekonomika/ Informatika. - 2009. - №9(64), vup. 11/1. – S. 186-190.
3. Петровский, А.Б. Теория принятия решений / А.Б. Петровский. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.  
Petrovskii, A.B. Teorja prinjatija reshenii/ A.B. Petrovskii. – М.: Izdateljskii sentr “Akademija”, 2009.
4. Дэвид, Г. Метод парных сравнений / Г. Дэвид. – М.: Статистика, 1978.  
Devid, G. Metod parnyx sravnenii/ G. Devid.- М.: Statistika. 1978