

УДК 519.816

**В.А.А. Каид****ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ  
ДЛЯ МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

*Рассматривается анализ подхода к оценке согласованности экспертной информации, полученной методом парных сравнений для построения функции принадлежности нечётких множеств. Метод парных сравнений используется для построения функций принадлежности отдельного термина. Приведена таблица качественных оценок параметров термножества. Для оценки согласованности экспертной информации использованы следующие величины: индекс согласованности; случайный индекс и отношение согласованности. Приведены формулы, определяющие эти величины. Приведена формула для оценки величины несогласованности. Изложена суть методики оценки и улучшения согласованности экспертной информации. Для выполнения исследований разработано информационное обеспечение в среде MatLab, позволяющее получить матрицы парных сравнений для совокупности экспертов, максимальное собственное значение матрицы, собственный вектор, индекс согласованности, отношение согласованности для каждого эксперта и построение функций принадлежности нечётких множеств. Рассмотрен пример работы с информационным обеспечением, в котором определены функции принадлежности для термножества «Цены подготовки бизнес-проекта для энергетического предприятия».*

*Нечеткое множество; лингвистическая переменная; функция принадлежности; прямой групповой метод; согласованность экспертной информации; метод парных сравнений.*

**W.A.A. Qaid****THE EXPERT INFORMATION ESTIMATION OF A COORDINATION  
FOR DECISION-MAKING MODELS**

*In article the approach analysis to an estimation of a coordination of the expert information received by a method of pair comparisons for construction of function of an accessory of indistinct sets is considered. The method of pair comparisons is used for construction of functions of an accessory of a separate term. The table of quality standards of parameters of term-set is resulted. For an estimation of a coordination of the expert information following sizes are used: a coordination index; a casual index and the coordination relation. The formulas defining these sizes are resulted. The formula for an estimation of size of inconsistency is resulted. The essence of a technique of an estimation and improvement of a coordination of the expert information is stated. Information support is developed for performance of researches in the environment of MatLab, allowing to receive matrixes of pair comparisons for set of experts, the maximum own value of a matrix, own vector, a coordination index, the relation of a coordination for each expert and construction of functions of an accessory of indistinct sets. The example of work with information support in which functions of an accessory to term-set «the Prices of preparation of the business project for the power enterprise» are defined is considered.*

*Indistinct set; a linguistic variable; accessory function; a direct group method; a coordination of the expert information; a method of pair comparisons.*

**Введение.** При управлении работой котлоагрегатов при производстве электрической энергии, объектами химической промышленности, а также многими другими объектами приходится решать задачи управления с применением нечётких, нейро-нечётких и гибридных регуляторов [1-4]. Модели принятия решений, которые находятся в основе нечётких регуляторов, разрабатываются и функционируют с применением знаний экспертов. Появляется задача не только формализации знаний экспертов, но и оценки согласованности, достоверности знаний экспертов. Решению данной задачи ранее уделялось внимание в работах [5–8 и др.], а также разработаны формализованные методы оценки согласованности знаний экс-

пертов, но анализ показывает, что существующие методы слабо дополнены соответствующим информационным обеспечением, позволяющим в автоматическом решении делать заключение о степени согласованности знаний экспертов. Таким образом, разработка специализированного информационного обеспечения для оценки согласованности знаний экспертов является актуальной задачей, решение которой обеспечивает повышение точности работы систем управления с нечёткой логикой в условиях неопределённости.

Необходима количественная оценка степени согласия экспертов при выборе степеней принадлежности значений нечётких переменных базовому множеству, т.к. именно количественная оценка может рассматриваться, как некоторая мера и позволять делать выводы относительно того, насколько можно доверять «суммарному» знанию экспертов в предметной области. Эта оценка, как мера согласованности мнений экспертов, также позволит более обоснованно интерпретировать причины в расхождении мнений и устанавливать степень доверия знаниям экспертов. Впервые метод парных сравнений для нахождения вектора приоритетов был предложен Саати [5]. Рассмотрим кратко его суть для дальнейшего понимания задачи разработки соответствующего информационного обеспечения.

**Модель и информационное обеспечение.** Метод парных сравнений используется для построения функций принадлежности отдельного термина из множества  $T(\beta)$ . Будем обозначать терм и его элементы (нечёткие переменные (НП)) буквами без индекса, соответственно  $T$  и  $\tilde{C}$ .

Работа экспертов связана с оценкой, насколько лучше объект  $x_i \in X$  описывается понятием  $T \in T(\beta)$  по сравнению с объектом  $x^j \in X$ , используя качественные оценки и степени важности, приведённые в табл. 1 [2], при условии, что  $w_1, w_2, \dots, w_n$  неизвестны заранее.

Таблица 1

**Качественные оценки и степени важности, используемые экспертами при работе**

$m_{ij}$	Качественная оценка	
1	Одинаковая значимость	$\mu_{\tilde{C}}(x_i)$ примерно равна $\mu_{\tilde{C}}(x_j)$
3	Слабо значимое	$\mu_{\tilde{C}}(x_i)$ немного больше $\mu_{\tilde{C}}(x_j)$
5	Сильно значимое	$\mu_{\tilde{C}}(x_i)$ больше $\mu_{\tilde{C}}(x_j)$
7	Очевидно значимое	$\mu_{\tilde{C}}(x_i)$ заметно больше $\mu_{\tilde{C}}(x_j)$
9	Абсолютное значимое	$\mu_{\tilde{C}}(x_i)$ намного больше $\mu_{\tilde{C}}(x_j)$
2,4,6,8	Промежуточные оценки	
$1/m_{ij}$	Обратные значения	
$\mu_{\tilde{C}}(x_i)$ – значение функции принадлежности объекта $x_i$ понятию $T$		

В результате опроса экспертов формируется матрица  $M$  размерности  $n \times n$ , элементы которой интерпретируются следующим образом:  $m_{ij} \in M$  показывает во сколько раз значение функции принадлежности объекта  $x_i$  понятию  $T$  больше, чем значение функции принадлежности объекта  $x_j$  этому же понятию.

В обратной симметричной матрице парных сравнений:

- ◆ на главной диагонали всегда должна стоять оценка, равная 1 (равная важность сравниваемых факторов), т.е.  $m_{ij}=m_{ji}$  при  $i=j$ ;
- ◆ всегда должно выдерживаться соотношение, отвечающее условию: если при сравнении  $i$ -го фактора с  $j$ -м фактором ставится оценка  $m_{ij}$ , то при сравнении  $j$ -го фактора с  $i$ -м оценка  $m_{ji}$  должна быть обратной  $m_{ij}$ , т.е.  $m_{ji}=1/m_{ij}$ .

Элементы  $m_{ij}$  матрицы парных сравнений определены формулой

$$m_{ij} = \frac{\mu_{\bar{c}}(x_i)}{\mu_{\bar{c}}(x_j)}. \quad (1)$$

Ответы эксперта считаются согласованными в случае выполнения условия мультипликативности, следующего из (1)

$$m_{ik} \times m_{ki} = m_{ijk}. \quad (2)$$

Условие (2) является основой для предлагаемого подхода к анализу согласованности экспертных ответов. Затем решается задача нахождения собственного вектора  $W=(w_1, w_2, \dots, w_n)$ , соответствующего максимальному собственному числу матрицы  $\lambda_{max}$ . В матричных обозначениях эта задача имеет вид

$$M \times W = \lambda_{max} W. \quad (3)$$

Полученные значения собственного вектора нормализуются и считаются значениями функции принадлежности, т.е.

$$\mu_{\bar{c}}(x_i) = \frac{w_i}{\max_i w_i}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Доказано, что для матриц парных сравнений всегда выполняется условие  $\lambda_{max} \geq n$ , а для матриц с согласованными в смысле (2) ответами эксперта  $\lambda_{max} = n$ . Поэтому утверждается, что  $\lambda_{max} - n$  дает меру отклонения от согласованности и указывает, когда суждения следует проверить. Для оценки согласованности экспертной информации предлагается использовать следующие величины:

- ◆ индекс согласованности:

$$ИС = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}; \quad (5)$$

- ◆ случайный индекс – индекс согласованности матрицы парных сравнений в виде табличных данных, фрагмент которой, в зависимости от размерности матрицы суждений, представлен в табл. 2;
- ◆ отношение согласованности, определяемое формулой

$$ОС = \frac{ИС}{СИ}. \quad (6)$$

Таблица 2

**Среднее значение случайного индекса согласованности в зависимости от размерности матрицы суждений**

Среднее значение случайного индекса согласованности										
Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайный индекс	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Для оценки величины несогласованности применим коэффициент

$$\gamma = \frac{\lambda_{max} - n}{n}. \quad (6)$$

На основе анализа отклонений  $\lambda_{max}$  от значения  $n$  предлагается следующий алгоритм оценки и улучшения согласованности экспертной информации.

Шаг 1. Вычисляются значения индекса согласованности и отношение согласованности.

Шаг 2. Приемлемо согласованными считаются экспертные суждения, для которых отношение согласованности  $\leq 0,10$ .

Шаг 3. Для пересмотра суждений (при отношении согласованности больше 0,10) предлагается два способа. Пересмотр суждений проводится для элементов  $m_{ij}$ , которым соответствуют наибольшие разности  $\left| m_{ij} - \frac{w_i}{w_j} \right|$  или частные  $\frac{m_{ij}}{(w_i / w_j)}$ . В первом способе эксперту предлагается пересмотреть свои суждения

о соответствующих элементах. Второй способ заключается в замене (без участия эксперта) этих элементов  $m_{ij}$  на  $w_i/w_j$  и новом вычислении собственного вектора  $W=(w_1, w_2, \dots, w_n)$  до тех пор, пока согласованность не станет приемлемой.

Для выполнения исследований было разработано информационное обеспечение, работающее по алгоритму метода парных сравнений, позволяющее считать  $\lambda_{max}$ , индекс согласованности, отношение согласованности и строить функции принадлежности нечётких множеств  $n$  экспертов. Рассмотрим особенности работы с информационным обеспечением и выполним анализ получаемых результатов.

Для проведения исследований запускаем программу и вводим, например, количество существующих градаций цен за услуги подготовки бизнес-проекта (например, девять), количество нечетких переменных (например, пять: «очень низкие», «низкие», «средние», «высокие» и «очень высокие») и число экспертов (например, четыре). Затем вводятся оценки сравнения от каждого эксперта, показано на рис. 1.

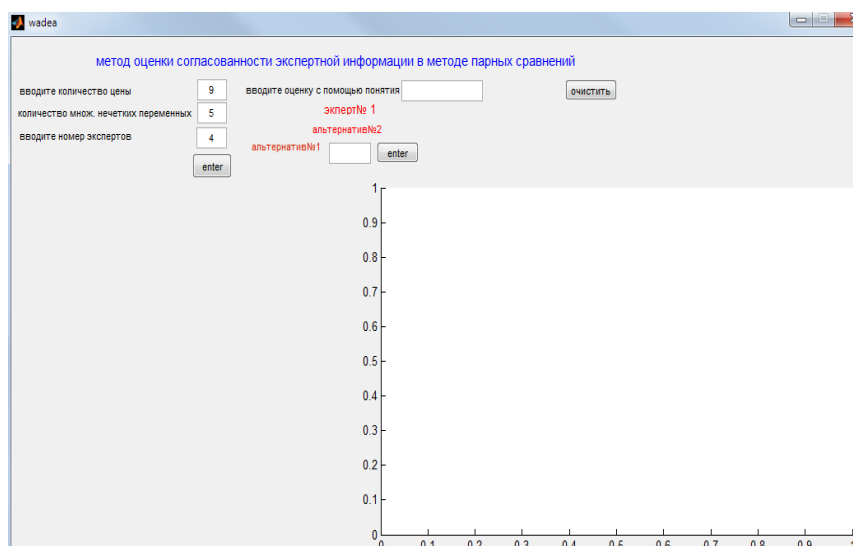


Рис. 1. Окно ввода оценок сравнения

**Апробация информационного обеспечения.** Дальнейший анализ результатов работы информационного обеспечения возможен только на основе полученных данных, которые представлены ниже в таблицах. Число таблиц определено количеством экспертов и числом нечетких переменных.

В табл. 3 приведён вид полученной в результате работы информационного обеспечения матрицы парных сравнений первого и второго эксперта для нечёткой переменной «очень низкие цены». Дробы, показанные в матрице (табл. 3), приведены для того, чтобы было видно, что это обратная величина сравнения двух альтернатив. Например, при сравнении цены 100 и 150 будем иметь соответствующие оценки:  $m_{12}=3$ , а для  $m_{21}=1/3$ . Затемнённая ячейка – отличие оценки второго эксперта от первого.

Таблица 3

**Матрица парных сравнений первого и второго эксперта для нечетких переменных «очень низкие цены»**

Цена	100	150		200		250		300		350		400	450	500
100	1	3		3		5		7		9		9	9	9
150	1/3	1		2		2	3	3	5	7		9	9	9
200	1/3	1/2		1		1	2	2	7	5		7	9	9
250	1/5	1/2	1/3	1	1/2	1		1	2	1	3	5	7	9
300	1/7	1/3	1/5	1/2	1/3	1	1/2	1		1		1	1	1
350	1/9	1/7		1/5		1	1/3	1		1		1	1	1
400	1/9	1/9		1/7		1/5		1		1		1	1	1
450	1/9	1/9		1/9		1/7		1		1		1	1	1
500	1/9	1/9		1/9		1/9		1		1		1	1	1

В табл. 4 приведён вид матрицы парных сравнений первого и второго эксперта для нечёткой переменной «низкие цены». В табл. 5 приведён вид матрицы парных сравнений первого и второго эксперта для нечёткой переменной «средние цены». В табл. 6 приведён вид матрицы парных сравнений первого и второго эксперта для нечёткой переменной «высокие цены». В табл. 7 приведён вид матрицы парных сравнений первого и второго эксперта для нечёткой переменной «очень высокие цены». В табл. 8 приведён вид матрицы парных сравнений третьего и четвёртого эксперта для нечёткой переменной «очень низкие цены». В табл. 9 приведён вид полученной матрицы парных сравнений третьего и четвёртого эксперта для нечёткой переменной «низкие цены».

Таблица 4

**Матрица парных сравнений первого и второго эксперта для нечётких переменных «низкие цены»**

Цена	100	150	200		250		300	350	400	450	500	
100	1	1	2		3		5	9	9	9	9	
150	1	1	2		3	1	5	9	9	9	9	
200	1/2	1/2	1		3		7	8	7	7	9	7
250	1/3	1/3	1		1		1	2	5	5	5	
300	1/5	1/5	1/3	1	1		1	1	1	3	3	
350	1/9	1/9	1/8		1/2		1	1	1	1	1	
400	1/9	1/9	1/7		1/5		1	1	1	1	1	
450	1/9	1/9	1/7		1/7		1/3	1	1	1	1	
500	1/9	1/9	1/9	1/7	1/9		1/3	1	1	1	1	

Таблица 5

**Матрица парных сравнений первого и второго эксперта для нечётких переменных «средние цены»**

Цена	100	150	200	250		300		350		400	450	500
100	1	1/2	1/7	1/8		1/9		1/8		1/7	1/2	1
150	2	1	1/2	1/5		1/7		1/5		1/2	1	2
200	7	2	1	1/2		1/5		1/2		1	2	7
250	8	5	2	1		1	1/2	2	1	5	7	9
300	9	7	5	1	2	1		2		5	7	9
350	8	5	2	1/2	1	1/2		1		1	5	8
400	7	2	1	1/5		1/5		1/2		1	2	7
450	2	1	1/2	1/7		1/7		1/5		1/2	1	2
500	1	1/2	1/7	1/9		1/9		1/8		1/7	1/2	1

Таблица 6

**Матрица парных сравнений первого и второго эксперта для нечётких переменных «высокие цены»**

Цена	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	1	1	1	1/3	1/5	1/7	1/9	1/9
150	1	1	1	1	1/3	1/5	1/7	1/9	1/9
200	1	1	1	1	1/3	1/5	1/7	1/9	1/9
250	1	1	1	1	1	1/3	1/5	1/7	1/7
300	3	3	3	1	1	1/3	1/5	1/7	1/7
350	5	5	5	3	3	1/2	1/3	1/5	1/5
400	7	7	7	5	5	1/3	1	1/3	1/3
450	9	9	9	7	7	5	3	1	1
500	9	9	9	7	7	5	3	1	1

Таблица 7

**Матрица парных сравнений первого и второго эксперта для нечетких переменных «очень высокие цены»**

Цена	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	1	1	1	1/7	1/9	1/9	1/9	1/9
150	1	1	1	1	1/7	1/9	1/9	1/9	1/9
200	1	1	1	1	1/3	1/4	1/9	1/9	1/9
250	1	1	1	1	1	1/3	1/5	1/7	1/9
300	7	7	3	1	1	1	1/4	1/5	1/7
350	9	9	4	3	1	1	1/3	1/5	1/7
400	9	9	9	5	4	2	1	1/3	1/7
450	9	9	9	7	5	3	3	1	1/2
500	9	9	9	9	7	7	7	2	1

Таблица 8

**Матрица парных сравнений третьего и четвёртого эксперта для нечёткой переменной «очень низкие цены»**

Цена	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	2	2	3	1/3	5	5	7	9
150	1/2	1	1	2	3	2	3	4	5
200	1/2	1	1	2	2	2	3	4	5
250	1/3	3	1/3	1/2	1	2	2	3	4
300	1/5	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1
350	1/5	1/3	1/3	1/2	1	1	1	1	1
400	1/7	1/4	1/4	1/3	1	1	1	1	1
450	1/9	1/5	2	1/4	1/5	1/3	1	1	1
500	1/9	1/5	1/5	1/4	1/4	1	1	1	1

Таблица 9

**Матрица парных сравнений третьего и четвёртого эксперта для нечёткой переменной «низкие цены»**

Цена	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	1	2	3	5	9	9	9	9
150	1	1	2	3	5	9	9	9	9
200	1/2	1/2	1	2	2	1/3	5	5	5
250	1/3	1/3	1/2	1	1	3	2	3	3
300	1/5	1/5	1/2	3	1	1/3	1	2	2
350	1/9	1/9	1/5	1/2	1	1	1	1	1
400	1/9	1/9	1/5	5	1/3	1/5	1	1	1
450	1/9	1/9	1/5	1/3	1/2	1	1	1	1
500	1/9	1/9	1/5	1/3	1/2	1	1	1	1

В табл. 10 приведён вид матрицы парных сравнений третьего и четвёртого эксперта для нечёткой переменной «средние цены».

В табл. 11 приведён вид матрицы парных сравнений третьего и четвёртого эксперта для нечёткой переменной «высокие цены».

В табл. 12 приведён вид полученной в результате работы программы матрицы парных сравнений третьего и четвёртого эксперта для нечёткой переменной «очень высокие цены».

Таблица 10

**Матрица парных сравнений третьего и четвёртого эксперта для нечёткой переменной «средние цены»**

Цена	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	1/2	1/7	1/8	1/9	1/8	1/7	1/2	1
150	2	1	1/2	1/5	1/7	1/5	1/2	1	2
200	7	2	1	1/2	1/5	1/2	1	2	7
250	8	5	2	1	1/2	9	1	2	5
300	9	7	5	2	1/9	1	2	5	7
350	8	5	2	1	1/3	1/2	1	2	5
400	7	2	1	1/2	1/5	1/7	1/2	1/5	1
450	2	1	1/2	1/5	1/7	1/5	1/2	1	2
500	1	1/2	1/7	1/8	1/9	1/8	1/7	1	1

Таблица 11

**Матрица парных сравнений третьего и четвёртого эксперта для нечёткой переменной «высокие цены»**

Цена	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	1	1	1	1	1/5	1/7	1/9	1/9
150	1	1	1	1	1	1/5	1/7	1/9	1/9
200	1	1	1	1	1	1/5	1/7	1/9	1/9
250	1	1	1	1	1	1/3	1/5	1/7	1/7
300	1	1	1	1	1	1/2	1/3	1/7	2
350	5	5	5	3	2	1	1	1/5	1/5
400	7	7	7	5	3	1	1	1/3	1/3
450	9	9	9	7	7	1/2	5	3	1
500	9	9	9	7	7	1/2	5	3	1

Таблица 12

**Матрица парных сравнений третьего и четвёртого эксперта для нечёткой переменной «очень высокие цены»**

Цена	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	1	1	1	1/5	1/9	1/9	1/9	1/9
150	1	1	1	1	1/3	1/9	1/9	1/9	1/9
200	1	1	1	1	1	1/4	1/9	1/9	1/9
250	1	1	1	1	1	1/3	1/5	1/7	1/9
300	5	3	1	1	1	1	1/2	1/4	3
350	9	9	4	3	1	1	1/3	1/3	1/5
400	9	9	9	5	2	4	3	1	1/7
450	9	9	9	7	3	1/3	3	5	3
500	9	9	9	9	7	1/2	7	7	2

На рис. 2 приведены значения, полученных  $\lambda_{max}$ , индекса согласованности, отношения согласованности и вид функций принадлежности для всех экспертов.

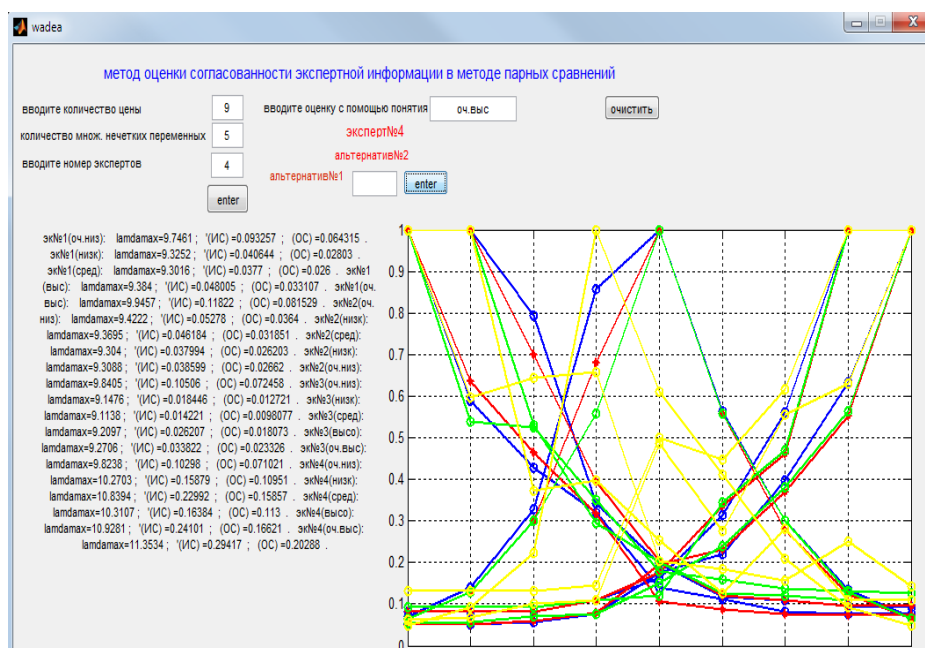


Рис. 2. Значения полученных  $\lambda_{max}$  индекса согласованности, отношения согласованности и вид функций принадлежности

Индекс согласованности (отношение согласованности) всех экспертов полученной в результате работы программы для нечётких переменных можно представить в табличном виде, как показано в табл. 13.

В соответствии с описанной методикой необходимо сделать вывод, что ответы третьего эксперта более согласованы, а ответы четвертого эксперта менее согласованы, чем для остальных экспертов и настолько велико (отношение согласованности больше 0,10). Но такие выводы содержат ряд противоречивых моментов. Действительно, при анализе согласованности экспертной информации (особенно при оценивании качественных свойств) необходимо учитывать, что экспертные ответы содержат субъективную и объективную составляющие. Деление на субъективную и объективную составляющие здесь производится по признаку возможности их выявления.

Таблица 13

**Индекс согласованности (отношение согласованности) всех экспертов**

ОС	Очень низкие	Низкие	Средняя	Высокие	Очень высокие
1-го эксперта	0,064	0,028	0,026	0,033	0,082
2-го эксперта	0,036	0,032	0,026	0,027	0,072
3-го эксперта	0,013	0,010	0,018	0,023	0,071
4-го эксперта	0,11	0,16	0,11	0,17	0,20

К факторам, определяющим результаты экспертного опроса, можно отнести:

- ◆ множество оцениваемых объектов;
- ◆ оцениваемое свойство объектов –  $\beta$ ;
- ◆ опыт, интуиция, система предпочтений конкретного эксперта;
- ◆ текущие условия;
- ◆ внутреннюю непротиворечивость (транзитивность) экспертной информации.



О пятом факторе ничего определённого априори сказать нельзя, так как эксперт мог в двух опросах дать различные по своей непротиворечивости ответы. Но при оценке согласованности необходимо помнить, что эксперт работает с качественными оценками из табл. 2, а не с числами, им соответствующими. Например, согласно табл. 13 эксперт считает, что цена (300) слабо значимое, чем цена (450); цена (450) очевидно значимое, чем цена (250); в свою очередь цена (300) – одинаковая значимость по сравнению с ценой (250).

**Выводы.** Таким образом, разработанное информационное обеспечение для оценки согласованности экспертных знаний позволяет делать важные выводы относительно доверия знаниям экспертов, что является актуальным при разработке нечётких регуляторов и систем принятия решений в условиях неопределённости.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колесников А.В. Гибридные интеллектуальные системы: теория и технология разработки. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 600 с.
2. Финаев В.И., Игнатьев В.В. Системы управления на основе объединения классической и нечеткой моделей объекта. – М.: Физматлит, 2013. – 156 с.
3. Захаров В.Н., Ульянов С.В. Нечёткие модели интеллектуальных промышленных регуляторов и систем управления. IV Имитационное моделирование. //Техническая кибернетика, № 5, 1994. – С.168-202.
4. Методы робастного нейро-нечеткого и адаптивного управления / Под ред. Н.Д.Егулова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
5. Saaty T.L. Measuring the fuzziness of sets // Journal of Cybernetics. – 1974. – Vol. 4.
6. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 348 с.
7. Прикладные нечеткие системы / Под ред. Т. Тэрано, К. Асан, М. Оугэно: Пер. с япон. – М.: Мир, 1993.
8. Финаев В.И. Модели систем принятия решений: Учеб. пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 118 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.Е. Золотовский.

**Каид Вадиа Ахмед Абдо** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: wadea@mail.ru; г. Таганрог, ул. Петровская, 17; тел.: 89514972879; кафедра систем автоматического управления; аспирант.

**Qaid Wadea Ahmed Abdo** – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: wadea@mail.ru; 17, Petrovskaya street, Taganrog, Russia; phone: +79514972879; the department of automatic control systems; postgraduate student.

УДК 681.3.06: 681.323 (519.6)

**Я.Е. Ромм, А.С. Дзюба**

#### **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МАСШТАБА И СОРТИРОВКИ ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТ**

*Рассматривается распознавание графических представлений рукописных символов на примере строчных букв русского алфавита различного почерка и средней степени искажения. Ставится задача устойчивой целочисленной идентификации и классификации объектов рассматриваемого типа. Предлагается метод реализации поставленной задачи на основе масштабирования с предварительной обработкой точек изображения и поиска*