

Канд. эконом. наук В.В. Потоцкий
(Международная Академия авторов научных открытий и изобретений),
юрист Е.А. Булат-Корнейчук
(Ассоциация авторов научных открытий Украины),
канд. техн. наук, О.В. Рублюк
(Ивано-Франковский Национальный технический университет нефти и газа),
аспирант К.С. Голов
(ИГТМ НАН Украины),
инженер Е.З. Маланчук
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования)

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ В ЗАДАЧАХ ГУМАНИТАРНОГО ХАРАКТЕРА

В статье решается задача по обоснованию возможности использования метода экспертных оценок на основе матричных парных сравнений с использованием расширенной базы индексированных оценок для решения задач гуманитарного характера

MULTICRITERION EXPERT ESTIMATION OF QUALITY ALTERNATIVES IN TASKS OF HUMANITARIAN CHARACTER

A task on the ground of possibility of the use of method of expert estimations on the basis of matrix pair comparisons with the use of the extended base of index estimations for the decision of tasks of humanitarian character decides in the article

В любой области человеческой деятельности для выбора обоснованного решения из ряда альтернатив (качеств, характеризующих объект) всегда необходимо учитывать опыт и знания высококвалифицированных специалистов. Принятие неверного или неудачного решения в настоящее время может иметь очень серьезные последствия (большие экономические потери, аварии и даже катастрофы, в том числе с человеческими жертвами и т.п.). Поэтому использование для решения подобных задач метода экспертных оценок с привлечением высококвалифицированных специалистов приобретает все большую актуальность.

Однако подавляющее большинство используемых в настоящее время методов экспертных оценок для получения надежного результата предусматривают привлечение большого количества высококвалифицированных экспертов. Это усложняет процедуру экспертных оценок, обуславливает увеличение их стоимости, снижает оперативность сбора необходимой информации.

В этой связи был разработан, обоснован и апробирован на примерах выбора оптимальных технических решений из ряда альтернатив вариантов оригинальный метод экспертных оценок на основе матричных парных сравнений с использованием расширенной базы индексированных оценок [1], с помощью которого для оперативного получения надежного результата достаточно привлечения лишь одного высококвалифицированного в заданной

области специалиста – эксперта. Преимущества разработанного метода оказались настолько значительны, что в целях расширения области его возможного применения была поставлена задача, оценить правомерность использования разработанного метода [1] для решения задач не только технического, но и гуманитарного характера (задачи, обращенные к интересам человека).

При решении сложных задач выбор оптимальной альтернативы осуществляют, как правило, на базе учета большого числа критериев сравнения (факторы, по которым происходит сравнение) при условии отсутствия какой-либо информации, позволяющей эмпирическим путем установить константы их взаимного влияния. В виду того, что сравнивается большое число критериев, оно названо многокритериальным. Поэтому принимают допущение об аддитивности критериев сравнения (сумма частей сравниваемого объекта, соответствует целому объекту). Из условия аддитивности следует, что критерии сравнения не должны зависеть друг от друга, т.е. должно выполняться требование о том, что рассчитанное значение оценки конкретного критерия не должно зависеть от значений фиксированных оценок по другим критериям. При этом, с одной стороны, допущение об аддитивности критериев налагает определенные ограничения на характер и масштаб формируемых критериев сравнения, что, в свою очередь, диктует необходимость параллельного осуществления проверки их аддитивности. С другой стороны, поскольку экспертная оценка для каждой из сравниваемых альтернатив производится, исходя из учета одних и тех же критериев сравнения, некоторое отклонение от аддитивности на погрешности экспертной оценки скажется незначительно (в сравнении с известными методами).

Настоящее исследование было проведено с использованием аналогичной методики сопоставления данных экспертной оценки значений весов критериев сравнения альтернативных вариантов технических объектов [2], полученных с привлечением предложенного [1] и традиционного [3] методов экспертной оценки. В результате ранее проведенного сопоставительного анализа [2], при котором количество критериев сравнения по каждому техническому объекту колебалось от трех до восьми, было установлено, что с точки зрения качества экспертной оценки полученные результаты практически идентичны. Однако, если при использовании традиционного метода балльных экспертных оценок с ранговой корреляцией [3] для получения требуемого результата по каждому из 11 технических объектов было привлечено от 8 до 35 экспертов, а общее количество привлечённых экспертов составило 154, то при использовании предложенного метода [1] – достаточно всего 11 высококвалифицированных экспертов (по одному на каждый технический объект).

В нашем случае традиционным методом на основе использования балльных экспертных оценок с ранговой корреляцией [3] заполняли экспертные анкеты (табл. 1 и табл. 2). При этом для оценки удельных весов критериев сравнения альтернатив экономического характера (табл. 1) было привлечено 14 высококвалифицированных экспертов, а для оценки удельных весов критериев

сравнения альтернатив юридического характера (табл. 2) – 24 высококвалифицированных эксперта. Данные анкетирования были сведены в результирующие экспертные матрицы с оценкой значимости критериев сравнения в баллах (табл.3 и табл.5) с последующим дополнением балльных оценок ранговыми (табл.4 и табл.6). Далее проверялась правомерность принятия полученных экспертных данных, сведенных в результирующие экспертные матрицы, в качестве эталонных. Для этого по каждому подвергнутому экспертизе гуманитарному объекту оценивалась значимость степени согласованности мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации W [4], т.е, коэффициент учитывающий согласованность мнений экспертов.

Таблица 1–Экспертная анкета оценки удельного веса критериев сравнения инновационных научно-технических проектов (ИНТП), представляемых на конкурс для венчурного инвестирования (образец)

№ п/п	Обозначение	Содержание требования	Удельный вес, %
1	X ₁	Уровень профессионализма и опыта соискателей инвестиции	
1	X ₂	Актуальность и степень защищенности ИНТП патентами	
2	X ₃	Прибыльность ИНТП по отношению к вложенному капиталу	
3	X ₄	Конкурентные преимущества и рыночный потенциал ИНТП	
4	X ₅	Степень сложности доводки ИНТП до коммерциализации	
5	X ₆	Объём венчурного финансирования, подвергаемого риску	
6	X ₇	Степень риска невозврата инвестиции при реализации ИНТП	
7	X ₈	Экологические последствия реализации ИНТП	
	Итого		100

Таблица 2 – Экспертная анкета оценки удельного веса исходных требований, которым должна удовлетворять процедура регистрации научных открытий (образец)

№ п/п	Обозначение	Содержание требования	Удельный вес, %
1	Y ₁	Поддерживать высокий уровень общественной значимости регистрации научных открытий (в том числе обеспечивать моральное и материальное стимулирование творческой деятельности авторов открытий)	
2	Y ₂	Обеспечивать минимальный уровень затрат бюджетных средств	
3	Y ₃	Обеспечить возможность привлечения и использования негосударственных финансовых источников для выполнения научных исследований по теме научного открытия	
4	Y ₄	Обеспечивать повышение авторитета страны, как державы с высоким уровнем научно-технического потенциала	
5	Y ₅	Обеспечивать возможность выявления в материалах заявки на научное открытие незащищенных патентоспособных решений (или направлений их синтеза) с предоставлением авторам помощи в оформлении и получении охранных документов на основе высоких патентных технологий	
6	Y ₆	Ограничивать влияние бюрократизма на реализацию процедуры регистрации научных открытий	
7	Y ₇	Обеспечивать возможность оперативного создания творческих коллективов ученых, инженеров и специалистов с профессиональной квалификацией, необходимой для обеспечения помощи авторам при доработке научных открытий и реализации их результатов на практике	
8	Y ₈	Обеспечивать возможность оперативного привлечения отечественных и зарубежных ученых, инженеров и специалистов мирового уровня для научной экспертизы материалов заявок на научные открытия	
9	Итого		100

Коэффициент конкордации W теоретически может принимать значения от 0 до 1,0. Если $W=0$, то это означает, что связи между оценками экспертов не существует. Если же $W=1,0$, то это означает, что в оценке подвергнутого экспертизе объекта существует полная согласованность мнений экспертов.

Таблица 3 – Результирующая экспертная матрица с оценкой удельного веса критериев сравнения (в баллах) различных ИНТП

Эксперты	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	Σ
1	25	15	10	15	10	5	5	15	100
2	25	25	15	5	10	10	5	5	100
3	25	25	5	5	5	5	20	10	100
4	20	15	13	12	10	10	10	10	100
5	20	15	20	10	5	10	10	10	100
6	30	20	20	5	5	10	8	2	100
7	13	10	12	10	5	25	10	15	100
8	24	16	13	20	11	8	5	3	100
9	22	2	29	24	4	7	10	2	100
10	12	10	30	10	10	10	8	10	100
11	20	25	15	10	15	5	5	5	100
12	40	15	10	5	5	20	3	2	100
13	28	20	15	10	10	2	10	5	100
14	25	10	20	15	5	10	10	5	100
$C_i = \sum_{j=1}^m b_{ij}$	329	223	227	156	110	137	119	99	1400

Таблица 4 – Результирующая экспертная матрица с оценкой удельного веса критериев сравнения (в рангах) различных ИНТП

Эксперты	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	$T = \sum_{l=1}^L (t_l^3 - t_l)$
1	1	3	5,5	3	5,5	7,5	7,5	3	36
2	1,5	1,5	3	7	4,5	4,5	7	7	36
3	1,5	1,5	6,5	6,5	6,5	6,5	3	4	66
4	1	2	3	4	6,5	6,5	6,5	6,5	60
5	1,5	3	1,5	5,5	8	5,5	5,5	5,5	66
6	1	2,5	2,5	6,5	6,5	4	5	8	12
7	3	6	4	6	8	1	6	2	24
8	1	3	4	2	5	6	7	8	0
9	3	7,5	1	2	6	5	4	7,5	6
10	2	5	1	5	5	5	8	5	120
11	2	1	3,5	5	3,5	7	7	7	30
12	1	3	4	5,5	5,5	2	7	8	6
13	1	2	3	5	5	8	5	7	24
14	1	5	2	3	7,5	5	5	7,5	30
	21,5	46	44,5	66	83	73,5	83,5	86	516

Примечание: данные выделенной строки в целях выполнения условия $W_{\text{скор}} > 0,5$ в дальнейшем анализе не учитывались.

Таблица 5 – Результирующая экспертная матрица с оценкой удельного веса критериев сравнения (в баллах) вариантов юридических процедур регистрации научных открытий

Эксперты	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Σ
1	20	5	5	13	10	13	18	16	100
2	16	12	14	18	10	12	10	8	100
3	15	10	8	20	20	12	7	8	100
4	25	10	10	15	20	10	5	5	100
5	25	10	25	5	10	10	10	5	100
6	15	5	5	25	15	15	10	10	100
7	10	5	5	20	15	15	15	15	100
8	15	5	5	15	20	10	10	20	100
9	15	8	15	17	12	11	13	9	100
10	25	10	17	15	12	5	8	8	100
11	9	1	20	1	9	30	10	20	100
12	5	5	7	7	28	26	16	6	100
13	20	5	5	30	20	10	5	5	100
14	30	10	10	20	15	5	5	5	100
15	25	8	7	13	12	10	15	10	100
16	35	5	8	12	15	10	8	7	100
17	30	5	5	25	15	10	5	5	100
18	30	5	10	20	15	10	5	5	100
19	80	5	5	5	2	1	1	1	100
20	20	6	10	8	10	6	35	5	100
21	10	10	10	15	10	5	20	20	100
22	5	10	10	10	20	15	10	20	100
23	15	8	10	15	14	15	12	11	100
24	5	10	10	20	25	5	10	15	100
$C_i = \sum_{j=1}^m b_{ij}$	500	173	236	364	354	271	263	239	2400

На практике фактические значения W не принимают крайних значений, а находятся между 0 и 1,0. Оценка значимости полученного конкретного значения W при количестве критериев сравнения $n \leq 7$ осуществляется с использованием критерия Фишера, а при $n > 7$ – с использованием критерия χ^2 .

Гипотеза о наличии согласия экспертов принималась, если для 5%-го уровня значимости при заданном числе степеней свободы табличное значение χ^2 было меньше расчетного. Число степеней свободы при этом определялось, как $f = n - 1$, где n – количество факторов.

Поскольку в нашем случае $n = 8$ (см. табл.1 и табл.2), рассчитывался критерий χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m \cdot n \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^m T_j},$$

где m – количество экспертов;
 n – количество критериев сравнения;
 T_i – параметр, учитывающий одинаковые ранги.

Таблица 6 – Результирующая экспертная матрица с оценкой удельного веса критериев сравнения (в рангах) вариантов юридических процедур регистрации научных открытий

Эксперты	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	$T = \sum_{l=1}^L (t_{l_i}^3 - t_{l_i})$
1	1	7,5	7,5	4,5	6	4,5	2	3	12
2	2	4,5	3	1	6,5	4,5	6,5	8	12
3	3	5	6,5	1,5	1,5	4	8	6,5	12
4	1	5	5	3	2	5	7,5	7,5	30
5	1,5	4,5	1,5	7,5	4,5	4,5	4,5	7,5	72
6	3	7,5	7,5	1	3	3	5,5	5,5	36
7	6	7,5	7,5	1	3,5	3,5	3,5	3,5	66
8	3,5	7,5	7,5	3,5	1,5	5,5	5,5	1,5	24
9	2,5	8	2,5	1	5	6	4	7	6
10	1	5	2	3	4	8	6,5	6,5	6
11	5,5	7,5	2,5	7,5	5,5	1	4	2,5	18
12	6,5	6,5	4,5	4,5	1	2	3	8	12
13	2,5	6,5	6,5	1	2,5	4	6,5	6,5	66
14	1	4,5	4,5	2	3	7	7	7	30
15	1	7	8	3	4	5,5	2	5,5	6
16	1	8	5,5	3	2	4	5,5	7	6
17	1	6,5	6,5	2	3	4	6,5	6,5	12
18	1	7	4,5	2	3	4,5	7	7	30
19	1	3	3	3	5	7	7	7	48
20	2	6,5	3,5	5	3,5	6,5	1	8	12
21	5,5	5,5	5,5	3	5,5	8	1,5	1,5	66
22	8	5,5	5,5	5,5	1,5	3	5,5	1,5	66
23	2	8	7	2	4	2	5	6	24
24	7,5	5	5	2	1	7,5	5	3	30
$C_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}$	70	149	122,5	72,5	82	114,5	120	133,5	702

Примечание: данные выделенных строк в целях выполнения условия $W_{\text{скор}} > 0,5$ в дальнейшем анализе не учитывались.

Дальнейший расчет проводится согласно [5]. Определим параметр T_i , учитывающий одинаковые ранги:

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum_{t_j} (t_j^3 - t_j),$$

где t_j – число одинаковых рангов в j -м ранжировании

S – сумма квадратов отклонений $\sum_{j=1}^m (\Delta i)^2$;

где отклонение:
$$\Delta i = \sum_{j=1}^m b_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}}{n},$$

где b_{ij} – ранг каждого i -го фактора у j -эксперта.

Определим степень согласованности мнений всех экспертов с помощью коэффициент конкордации, который рассчитывали согласно [4]:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 \cdot (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}$$

Учитывая, что число подвергнутых экспертизе гуманитарных объектов всего два и статистики общей совокупности неизвестны, для повышения надёжности результатов исследования результирующие экспертные матрицы, полученные на основе применения традиционного метода экспертной оценки, принимались в качестве эталонных только в том случае, если значимая величина коэффициента конкордации W превышала 0,5. В этом случае можно условно считать, что больше половины экспертов имеют полную согласованность мнений. Поэтому вначале по данным проведенного анкетирования по обоим объектам определялись исходные значения коэффициентов конкордации ($W_{исх.}$), а поскольку они не отвечали указанному условию, то из общего числа экспертных анкет ($m_{исх.}$) последовательно исключались анкеты тех экспертов, мнения которых в наибольшей степени искажали исходную величину коэффициента конкордации. Эта операция повторялась до тех пор, пока не выполнялось условие $W_{скор.} > 0,5$. Результаты корректировки по обоим объектам приведены в табл. 7.

Таблица 7 – Результаты корректировки исходных данных экспертной оценки с целью выполнения условия $W_{скор} > 0,5$

Объект исследования	Количество экспертов (анкет), m		Число степеней свободы $f = n - 1$	Коэффициент конкордации, W		Критерий χ^2		
	$m_{исх}$	$m_{скор}$		$W_{исх}$	$W_{скор}$	$\chi^2_{расч}$	$\chi^2_{скор}$	$\chi^2_{табл}$
Экономический	14	13	7	0,500	0,571	49,089	51,952	14,067
Юридический	24	17	7	0,268	0,523	45,030	62,242	14,067

Опираясь на данные анкет $m_{скор.}$, рассчитывали показатели обобщённого мнения экспертов C_i .

$$C_i = \frac{b_i}{\sum_{j=1}^{m_{скор}} b_{ij}} \cdot 100, \%$$

где- C_i – средняя оценка экспертов относительно значимости каждого из критериев сравнения b_i (фактора); b_{ij} – оценка (в баллах) i -го критерия сравнения j -экспертом; i – номер критерия сравнения; j – номер эксперта.

Полученные для каждого исследуемого объекта показатели обобщённого мнения экспертов C_i (относительно величин критериев сравнения b_i) ранжировали в соответствии со значениями их величин. Результаты ранжирования в абсолютных и в относительных единицах приведены в табл. 8.

Таблица 8 – Результаты ранжирования показателей обобщённого мнения экспертов C_i относительно величин критериев сравнения b_i

Критерии сравнения		X_1	X_3	X_2	X_4	X_6	X_7	X_5	X_8	Σ
ИНТП	Показатели обобщённого мнения критериев сравнения C_i в процентах, %	24,3	16,5	16,4	11,2	8,6	8,4	8,1	6,5	100
	Показатели обобщённого мнения критериев сравнения C_i в относительных единицах	3,7	2,5	2,5	1,7	1,3	1,3	1,2	1	-
Юридические	Критерии сравнения	Y_1	Y_4	Y_5	Y_7	Y_6	Y_3	Y_8	Y_2	Σ
	Показатели обобщённого мнения критериев сравнения C_i в процентах, %	24,8	17,2	14,2	9,9	9,8	8,8	8,1	7,2	100
	Показатели обобщённого мнения критериев сравнения C_i в относительных единицах	3,4	2,4	2,0	1,4	1,4	1,2	1,1	1	-

Приведенные в табл. 8 данные ранжирования критериев сравнения были приняты за эталонные, которые затем трансформировались в опытные матрицы. В первом, широко используемом на практике, варианте парных сравнений использовалась узкая база индексированных балльных оценок (только **1,0** и **0**; сумма оценок равна единице), а во втором, предложенном авторами, варианте использовалась расширенная база индексированных балльных оценок (**1,0; 0,75; 0,25; 0,5; 0**). При этом в соответствующих опытных матрицах парных сравнений соотношение весомости каждой пары критериев проставлялось в соответствии с данными эталонных матриц. Наряду с этим, была проверена эффективность оценки, полученной путем усреднения данных балльных оценок (на основе использования широкой базы индексированных оценок) и данных их же ранговой оценки. В табл. 9 и табл. 10 показаны результаты трансформации эталонных экспертных оценок для обоих объектов в соответствующие ряды балльных ($X_{i,m}$), ранговых ($X_{i,r}$) и усредненных оценок ($X_{i,cp}$). Для объективного и однозначного выбора наиболее лучшего варианта экспертной оценки на основе сравнения опытных оценок с эталонными было предложено [2] представить ряд эталонных экспертных оценок по каждому конкретному объекту геометрической точкой X_j с заданными координатами в пространстве эталонных оценок. Чем меньше расстояние d в этом многомерном пространстве между точкой X_j и точкой X_i , тем более предпочтителен

рассматриваемый вариант опытной оценки. Расстояние d может быть определено из выражения приведенного в [2]:

$$|d| = \sqrt{D^2},$$

$$\text{где } D^2 = \frac{\delta_{X1}^2}{S_{X1}^2} + \frac{\delta_{X2}^2}{S_{X2}^2} + \frac{\delta_{X3}^2}{S_{X3}^2} + \dots + \frac{\delta_{Xi}^2}{S_{Xi}^2},$$

$\delta_{X1}^2, \delta_{X2}^2, \delta_{X3}^2 \dots \delta_{Xi}^2$ - квадраты разности эталонных и опытных оценок;

$S_{X1}^2, S_{X2}^2, S_{X3}^2 \dots S_{Xi}^2$ - несмещенные оценки дисперсий разностей

эталонных и опытных оценок.

Таблица 9 – Сравнительные данные значений экспертных оценок X_9 , $X_{i,\delta}$, $X_{i,R}$ и $X_{i,cp}$ удельных весов критериев сравнения экономического объекта

Эталонная экспертная оценка	удельных весов	X1	X3	X2	X4	X6	X7	X5	X8	Итого баллов	$X_{i,\delta}$ %	Ранг R_i	$\frac{1}{R_i}$	$X_{i,R}$ %	$X_{i,cp}$ %
		3	4	5	6	7	8	9	10						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
а	X1=24,3		1	1	1	1	1	1	1	7	25,0	1	1	36,8	30,9
	X3=16,5	0		1	1	1	1	1	1	6	21,4	2	0,5	18,4	19,9
	X2=16,4	0	0		1	1	1	1	1	5	17,9	3	0,33	12,3	15,1
	X4=11,2	0	0	0		1	1	1	1	4	14,3	4	0,25	9,2	11,7
	X6=8,6	0	0	0	0		1	1	1	3	10,7	5	0,2	7,4	9,0
	X7=8,4	0	0	0	0	0		1	1	2	7,1	6	0,17	6,1	6,6
	X5=8,1	0	0	0	0	0	0		1	1	3,6	7	0,14	5,3	4,4
	X8=6,5	0	0	0	0	0	0	0		0	0,0	8	0,13	4,6	2,3
	Итого										28	100	36	2,7	100
б	X1=24,3		0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	4,75	17,0	1	1	36,9	26,9
	X3=16,5	0,5		0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	4,5	16,1	2	0,5	18,4	17,3
	X2=16,4	0,5	0,5		0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	4,25	15,2	3	0,33	12,3	13,7
	X4=11,2	0,25	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	3,25	11,6	4	0,25	9,2	10,4
	X6=8,6	0,25	0,25	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	3	10,7	5	0,2	7,4	9,0
	X7=8,4	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5		0,5	0,5	2,75	9,8	7	0,14	5,3	7,5
	X5=8,1	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5		0,5	2,75	9,8	7	0,14	5,3	7,5
	X8=6,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5		2,75	9,8	7	0,14	5,3	7,5
	Итого										28	100	36	2,7	100

Из табл. 9 и табл. 11 очевидно более близкое совпадение эталонных значений экспертных оценок (X_9 и Y_9) с экспертными оценками $X_{i,cp}$ и $Y_{i,cp}$, полученными с использованием расширенной базы индексированных оценок.

Количественно, расхождение между указанными величинами может быть оценено по выражению вида:

$$\Delta_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_{\text{э},i} - X_{cp,i}|}{n}$$

В результате имеем: для экономических объектов $\Delta_{cp} = 1,23 \%$, а для юридических объектов $\Delta_{cp} = 1,05 \%$, что вполне допустимо.

Таблица 10 – Результаты расчёта величин отклонений d опытной экспертной оценки удельных весов критериев сравнения от эталонной экспертной оценки (для экономического объекта)

	Эталонная экспертная оценка удельных весов $X_{\text{э}}$	$\Delta_{X_{i,\delta}}$	$\Delta^2_{X_{i,\delta}}$	$\Delta_{X_{i,R}}$	$\Delta^2_{X_{i,R}}$	$\Delta_{X_{i,cp}}$	$\Delta^2_{X_{i,cp}}$	$S^2_{X_i}$	$\frac{\Delta^2_{X_{i,\delta}}}{S^2_{X_i}}$	$\frac{\Delta^2_{X_{i,R}}}{S^2_{X_i}}$	$\frac{\Delta^2_{X_{i,cp}}}{S^2_{X_i}}$
а	X1=24,3	-0,7	0,5	-12,5	156,1	-6,6	43,5	42,2	0,012	3,699	1,031
	X3=16,5	-4,9	24,3	-1,9	3,6	-3,4	11,6	51,9	0,468	0,069	0,224
	X2=16,4	-1,5	2,1	4,1	17,1	1,3	1,8	45,4	0,047	0,377	0,040
	X4=11,2	-3,1	9,5	2,0	4,0	-0,5	0,3	35,9	0,265	0,112	0,008
	X6=8,6	-2,1	4,5	1,2	1,5	-0,4	0,2	18,9	0,237	0,082	0,010
	X7=8,4	1,3	1,6	2,3	5,1	1,8	3,1	18,6	0,085	0,276	0,167
	X5=8,1	4,5	20,5	2,8	8,1	3,7	13,6	11,6	1,768	0,697	1,171
	X8=6,5	6,5	42,3	1,9	3,6	4,2	17,6	16,9	2,500	0,214	1,044
	D^2								5,381	5,525	3,696
	d								2,320 (d_{δ})	2,351 (d_R)	1,922 (d_{cp})
б	X1=24,3	7,3	53,8	-12,6	158,1	-2,6	6,9	42,2	1,275	3,747	0,163
	X3=16,5	0,4	0,2	-1,9	3,8	-0,8	0,6	51,9	0,004	0,072	0,011
	X2=16,4	1,2	1,5	4,1	16,9	2,7	7,1	45,4	0,033	0,372	0,156
	X4=11,2	-0,4	0,2	2,0	3,9	0,8	0,6	35,9	0,005	0,109	0,017
	X6=8,6	-2,1	4,5	1,2	1,5	-0,4	0,2	18,9	0,237	0,079	0,010
	X7=8,4	-1,4	2,0	3,1	9,8	0,9	0,7	18,6	0,109	0,527	0,039
	X5=8,1	-1,7	3,0	2,8	8,0	0,6	0,3	11,6	0,255	0,692	0,027
	X8=6,5	-3,3	11,0	1,2	1,5	-1,0	1,1	16,9	0,653	0,090	0,065
	D^2								2,570	5,689	0,488
	d								1,603 (d_{δ})	2,385 (d_R)	0,699 (d_{cp})

Таблица 11 – Сравнительные данные значений экспертных оценок Y_j , $Y_{i,\delta}$, $Y_{i,R}$ и $Y_{i,cp}$ удельных весов критериев сравнения юридического объекта

Эталонная экспертная оценка удельных весов	Y	Y1	Y4	Y5	Y7	Y6	Y3	Y8	Y2	Итого баллов	$Y_{i,\delta}$ %	Ранг R_i	$\frac{1}{R_i}$	$Y_{i,R}$ %	$Y_{i,cp}$ %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
а	Y1=24,8		1	1	1	1	1	1	1	7	25,0	1	1	36,8	30,9
	Y4=17,2	0		1	1	1	1	1	1	6	21,4	2	0,5	18,4	19,9
	Y5=14,2	0	0		1	1	1	1	1	5	17,9	3	0,33	12,3	15,1
	Y7=9,9	0	0	0		1	1	1	1	4	14,3	4	0,25	9,2	11,7
	Y6=9,8	0	0	0	0		1	1	1	3	10,7	5	0,2	7,4	9,0
а	Y3=8,8	0	0	0	0	0		1	1	2	7,1	6	0,17	6,1	6,6
	Y8=8,1	0	0	0	0	0	0		1	1	3,6	7	0,14	5,3	4,4
	Y2=7,2	0	0	0	0	0	0	0		0	0,0	8	0,13	4,6	2,3
	Итого									28	100	36	2,7	100	100
б	Y1=24,8		0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	4,7 5	17,0	1	1	37,7	27,3
	Y4=17,2	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,75	3,7 5	13,4	2,5	0,4	15,1	14,2
	Y5=14,2	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,75	3,7 5	13,4	2,5	0,4	15,1	14,2
	Y7=9,9	0,25	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	3,2 5	11,6	5,5	0,18	6,9	9,2
	Y6=9,8	0,25	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	3,2 5	11,6	5,5	0,18	6,9	9,2
	Y3=8,8	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	3,2 5	11,6	5,5	0,18	6,9	9,2
	Y8=8,1	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	3,2 5	11,6	5,5	0,18	6,9	9,2
	Y2=7,2	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5		2,7 5	9,8	8	0,13	4,7	7,3
	Итого									28	100	36	2,7	100	100

Таблица 12 – Результаты расчёта величин отклонений d опытной экспертной оценки удельных весов критериев сравнения от эталонной экспертной оценки (для юридического объекта)

Эталонная экспертная оценка удельных весов	Y	$\Delta Y_{i,\delta}$	$\Delta^2 Y_{i,\delta}$	$\Delta Y_{i,R}$	$\Delta^2 Y_{i,R}$	$\Delta Y_{i,cp}$	$\Delta^2 Y_{i,cp}$	$S_{Y_i}^2$	$\frac{\Delta^2 Y_{i,\delta}}{S_{Y_i}^2}$	$\frac{\Delta^2 Y_{i,R}}{S_{Y_i}^2}$	$\frac{\Delta^2 Y_{i,cp}}{S_{Y_i}^2}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
а	Y1=24,8	-0,2	0,0	-12,0	143,8	-6,1	37,2	253,4	0,000	0,568	0,147
	Y4=17,2	-4,2	17,9	-1,2	1,4	-2,7	7,4	38,40	0,466	0,037	0,192
	Y5=14,2	-3,7	13,4	1,9	3,7	-0,9	0,7	21,1	0,634	0,178	0,035
	Y7=9,9	-4,4	19,2	0,7	0,5	-1,8	3,4	56,9	0,338	0,009	0,060
	Y6=9,8	-0,9	0,8	2,4	6,0	0,8	0,6	14,4	0,058	0,414	0,040
	Y3=8,8	1,7	2,7	2,7	7,1	2,2	4,7	12,3	0,223	0,579	0,380

Продолжение табл. 12

	Y8=8,1	4,5	20,5	2,8	8,1	3,7	13,6	19,7	1,041	0,411	0,690
	Y2=7,2	7,2	51,8	2,6	6,8	4,9	24,0	6,0	8,640	1,127	4,002
	D²								11,400	3,321	5,546
	d								3,376 (<i>d_δ</i>)	1,822 (<i>d_R</i>)	2,355 (<i>d_{cp}</i>)
6	Y1=24,8	7,8	61,4	-12,9	166,5	-2,5	6,4	253,4	0,242	0,657	0,025
	Y4=17,2	3,8	14,5	2,1	4,5	3,0	8,8	38,40	0,377	0,117	0,229
	Y5=14,2	0,8	0,7	-0,9	0,8	0,0	0,0	21,1	0,031	0,037	0,000
	Y7=9,9	-1,7	2,9	3,0	9,3	0,7	0,4	56,9	0,051	0,163	0,008
	Y6=9,8	-1,8	3,3	2,9	8,7	0,6	0,3	14,4	0,227	0,602	0,022
	Y3=8,8	-2,8	7,9	1,9	3,8	-0,4	0,2	12,3	0,641	0,308	0,015
	Y8=8,1	-3,5	12,3	1,2	1,5	-1,1	1,3	19,7	0,624	0,079	0,065
	Y2=7,2	-2,6	6,9	2,5	6,2	-0,1	0,0	6,0	1,145	1,031	0,001
	D²								3,339	2,993	0,365
	d								1,827 (<i>d_δ</i>)	1,730 (<i>d_R</i>)	0,604 (<i>d_{cp}</i>)

Выводы. Выполнен сравнительный анализ различных методов экспертных оценок качества альтернатив в задачах гуманитарного характера на основе матричных парных сравнений с использованием узкой и расширенной базы индексированных оценок. В качестве базовых эталонных оценок были приняты данные экспертных оценок, полученные традиционным методом [3] с привлечением для экспертизы двух объектов (экономического и юридического) 36-ти экспертов. Для повышения качества эталонных экспертных оценок по каждому из исследуемых объектов значимую величину коэффициента конкордации W предварительно приводили в соответствие с условием $W > 0,5$.

В результате установлено, что наиболее близкое совпадение результатов эталонных экспертных оценок с опытными (как по величине, так и по параметру d) имеет место, во-первых, при использовании расширенной базы индексированных оценок, а во-вторых, при использовании оценок, полученных как среднее арифметическое балльных и ранговых оценок. При этом вместо привлечения 36-ти высококвалифицированных экспертов при использовании наиболее распространённого традиционного метода экспертной оценки [3], предложенный вариант экспертной оценки обеспечивает получение практически тех же результатов с привлечением по каждому из двух объектов по одному высококвалифицированному эксперту. Полученные результаты позволяют обоснованно рекомендовать предложенный вариант экспертной оценки качества альтернатив в задачах гуманитарного характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рублюк О.В. Оцінка альтернативних варіантів конструкції різноманітних об'єктів на основі матричного методу парних порівнянь. Деп. в УкрІНТЕІ 11.07.97, № 497 - Уі 97.
2. Иванов В.А., Рублюк О.В. Обоснование алгоритма многокритериальной экспертной оценки качества альтернатив. / Міжвідомчий зб. наук. праць «Геотехнічна механіка», №5, – 1998. – С. 132-138.
3. Потураев В.Н., Иванов В.А., Воевудко А.Э. и др. Решение многоаспектных инженерных задач методом экспертных оценок с применением ЭВМ // Горная электромеханика и автоматика: Респ. межведм. научн. сб., - 1988. – Вып. № 52, - С. 92-100.
4. Кендэл М. Ранговые корреляции. – М.: Изд-во «Статистика», 1975. – 216 с.

УДК 621.785.92:533.9:621.9

Академик НАН Украины,
д-р техн. наук, проф. А.Ф. Булат,
инж. В.Я. Осенний,
(ИГТМ НАН Украины),
канд. техн. наук П.Ф. Буланый (НМА)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА ДУГИ ВБЛИЗИ АНОДА В ПОПЕРЕЧНОМ ПЕРЕМЕННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Стаття присвячена експериментальному дослідженню взаємодії плазмової дуги прямої дії з поперечним змінним, магнітним полем, стосовно плазменно-термомеханічної обробки великогабаритних заготовок конусів дробарок в гірничорудному машинобудуванні. Одержані експериментальні дані про розподіл струму рухомого в анодній плямі, його граничному розмірі, залежності амплітуди коливань дуги в широкому діапазоні вимірювання визначальних параметрів. Відомості дозволяють зробити висновок про наявність теплового сліду в рушійній дузі, істотному впливі газодинамічного натиску плазмового потоку.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE ARC SECTION NEAR ANODE IN TRANSVERSE ALTERNATING MAGNETIC FIELD

The article covers experimental investigation of the direct-action plasma arc interaction with transverse alternating magnetic field, as applied to plasma-mechanical processing of large-sized crushing cone parts for the ore-mining branch of machine building industry. Experimental data were obtained as to distribution of current flowing in the anode spot; its limit size, and dependence of the arc oscillation amplitude in the wide range of defining parameters' measurement. The above data allows drawing a conclusion on existence of the heat trace in moving arc and considerable effect of plasma flow gas-dynamic head.

В новых технологических процессах различных отраслей промышленности Украины, таких как резка и сварка металлов, обработка сверхтвердых материалов, нанесение покрытий, термическое расширение скважин в подземных условиях рудников и т.д. более четверти столетия находят свое широкое применение плазменные системы [1-6]. Используемые в этих технологиях генераторы плазмы характеризуются тем, что они создают плазменную струю с постоянной траекторией движения плазмы. Траектория движения высокотемпературного потока зависит от того как расположены электроды в генераторе плазмы, их геометрии, аэродинамического взаимодействия дуги с электродной группой и рабочей средой в межэлектродном зазоре, подачи рабочего тела (плазмообразующего газа), его рода, а также от внешнего магнитного поля.

В горнорудном машиностроении одна из таких систем нашла свое место в плазменно-механической обработке (ПМО) высокопрочных материалов, позволившая значительно увеличить скорость резания, уменьшить нагрузки