

Е.В. Зырянова

(Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики;
e-mail: keyvezed@mail.ru)

ОБ ОЦЕНКЕ КВАЛИФИКАЦИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРИГОДНОСТИ ЭКСПЕРТА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

Предлагается методика оценки квалификации и профессиональной пригодности эксперта по экологической экспертизе с применением нечёткой математической модели с лингвистической шкалой.

Ключевые слова: оценка квалификации эксперта, нечёткие математические модели, экологическая экспертиза.

E.V. Zyryanova

ASSESSMENT OF QUALIFICATION AND PROFESSIONAL COMPETENCE OF THE EXPERT IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL EXPERTISE

The method of assessment of qualification and professional competence of the expert in the field of environmental expertise using fuzzy mathematical model with a linguistic scale is offered in this article.

Key words: assessment of the expert's qualification, fuzzy mathematical models, environmental expertise.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 18 мая 2016 г.

Введение

Основным инструментом поддержки принятия управленческих решений по экологической безопасности является *экологическая экспертиза (ЭЭ)*. Экологическая безопасность территорий и населения зависит от качества проведения ЭЭ. Для качественного проведения ЭЭ необходимы квалифицированные эксперты в области ЭЭ, в связи с чем необходима оценка квалификации и возможности участия эксперта в проведении ЭЭ с учётом его образования, знаний, умений, опыта, а также личностных качеств.

Методика оценки квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ

Так как критерии уровня квалификации эксперта в области ЭЭ носят в своём большинстве качественный характер, то для решения поставленной задачи целесообразно применять *методы нечёткой математики* с использованием нечётких лингвистических переменных для оценки соответствия характеристик эксперта критериям уровня квалификации и профессиональной пригодности в области ЭЭ. Оценочная методика базируется на нечёткой математической модели с лингвистической шкалой [1], позволяющей получить результат в виде нечёткого лингвистического термина, который даёт качественную характе-

ристику искомой оценки на основании *результатов опроса специалистов, проводящих оценку квалификации эксперта* в области ЭЭ. Блок-схема методики оценки квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ представлена на рис. 1.

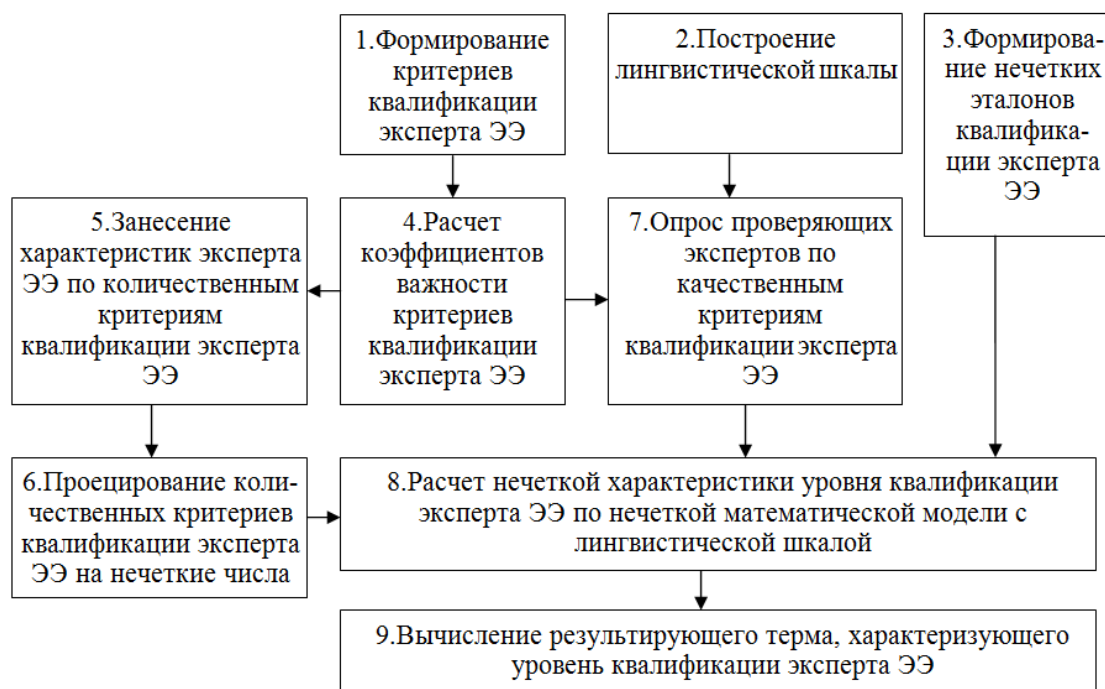


Рис. 1. Блок-схема методики оценки квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ

1. Формирование критериев квалификации эксперта ЭЭ

В качестве критериев оценки квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ рассматриваются характеристики, при наличии которых кандидат может выступать в качестве эксперта в области ЭЭ. Список критериев представляют в виде опросника, содержащего следующие разделы [2]:

- личные качества;
- образование;
- опыт работы;
- независимость;
- знания в области ЭЭ;
- научные разработки в области охраны окружающей среды.

Каждый раздел содержит такое количество вопросов, которое необходимо для подробного раскрытия содержания раздела. Будем условно считать разделы опросника критериями качества первого порядка, а вопросы раздела – критериями качества второго порядка.

Для разделов опросника необходимо заполнить матрицу парных сравнений (суждений) A_{ij} ($i = [1; n]$, $j = [1; n]$, n – количество разделов опросника), которая задаёт вес каждого раздела относительно других. Построение матрицы парных сравнений осуществляется с использованием табл. 1.

Шкала для построения матрицы парных сравнений (суждений)

Оценка значимости	Качественная оценка	Примечание
1	Одинаковая значимость	Альтернативы имеют одинаковый ранг
3	Слабое преимущество	Преимущество одной альтернативы перед другой малоубедительное
5	Сильное преимущество	Есть надёжные доказательства существенного преимущества одной альтернативы
7	Очевидное преимущество	Существуют убедительные свидетельства в пользу одной альтернативы
9	Абсолютное преимущество	Свидетельство в пользу преимущества одной альтернативы над другой с наибольшей мерой убедительности
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения	Используются, если необходим компромисс

Для вопросов также необходимо заполнить матрицу парных сравнений (суждений) $A_k = a_{kxy}$ ($x = [1; n_k]$, $y = [1; n_k]$, k – номер раздела опросника, n_k – количество вопросов в k -м разделе опросника), задающую вес каждого вопроса относительно других вопросов раздела, содержащего данный вопрос, используя ту же табл. 1.

1. Построение лингвистической шкалы

Определим лингвистическую шкалу, используемую для установления соответствия характеристик эксперта критериям уровня квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ, пятью лингвистическими терминами:

- да;
- скорее да, чем нет;
- ни да, ни нет;
- скорее нет, чем да;
- нет.

Такая шкала определена опытным путем и позволяет охарактеризовать соответствие оцениваемого объекта конкретному критерию качества. Меньшее количество термов не отображает в полной мере все грани соответствия объекта рассматриваемой характеристике, большее – излишне загромождает, необоснованно усложняет и замедляет расчёты, предусмотренные алгоритмом.

3. Формирование нечётких эталонов квалификации эксперта ЭЭ

Для определения лингвистической переменной "Качество ЭЭ" (КЭЭ) необходимо задать её базовое терм-множество $T_{КЭЭ} = \{T_i\}$ ($i = [1; L]$, где L – количество термов, которые используют в качестве нечётких эталонов). После определения термов задают универсальное множество $X_{КЭЭ}$, на котором определяют эти нечёткие эталоны и строят их функции принадлежности.

Определим базовое терм-множество лингвистической переменной КЭЭ 7-ю нечёткими термами:

$T_{КЭ} = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7\} = \{\text{"очень низкое качество ЭЭ"} (ОНКЭЭ), \text{"низкое качество ЭЭ"} (НКЭЭ), \text{"среднее качество ЭЭ"} (СКЭЭ), \text{"неизменное качество ЭЭ"} (НеКЭЭ), \text{"нормальное качество ЭЭ"} (НоКЭЭ), \text{"высокое качество ЭЭ"} (ВКЭЭ), \text{"очень высокое качество ЭЭ"} (ОВКЭЭ)\}$, которые отображают на универсальное множество $X_{КЭЭ} \in \{0, \max_{КЭЭ}\}$.

Выполним построение эталонных нечётких чисел, используя один из методов построения функций принадлежности, описанных в [1]. В результате получим эталонные нечёткие числа:

ОНКЭ = {нет/1; скорее нет, чем да/0,8; ни да, ни нет/0,1; скорее да, чем нет/0; да/0};

НКЭ = {нет/0,8; скорее нет, чем да/1; ни да, ни нет/0,2; скорее да, чем нет/0,1; да/0,1};

СКЭ = {нет/0,6; скорее нет, чем да/0,7; ни да, ни нет/0,6; скорее да, чем нет/0,3; да/0,2};

НеКЭ = {нет/0,2; скорее нет, чем да/0,4; ни да, ни нет/1; скорее да, чем нет/0,6; да/0,4};

НоКЭ = {нет/0,1; скорее нет, чем да/0,2; ни да, ни нет/0,6; скорее да, чем нет/0,9; да/0,7};

ВКЭ = {нет/0; скорее нет, чем да/0,1; ни да, ни нет/0,2; скорее да, чем нет/1; да/0,9};

ОВКЭ = {нет/0; скорее нет, чем да/0; ни да, ни нет/0,1; скорее да, чем нет/0,9; да/1}.

4. Расчёт коэффициентов важности критериев квалификации эксперта в области ЭЭ

Для расчёта коэффициентов важности критериев качества второго порядка, в рамках каждого из критериев первого порядка. используют метод ранжирования на основе преобразованных матриц $A'_k = a_{kx'y'}$, получаемых на основании матриц парных сравнений $A_k = a_{kxy}$.

Элемент преобразованной матрицы для k -го раздела опросника определяют по формуле:

$$a'_{kx'y'} = \begin{cases} \frac{100}{a_{kxy} + 1} \cdot a_{kxy}, & \forall x < y : x' = x, y' = y; \\ 1, & \forall x = y : x' = y' = x = y; \\ \frac{100}{a_{kxy} + 1}, & \forall x < y : x' = y, y' = x, \end{cases}$$

где $x = y = [1; n_k]$;

n_k – количество вопросов k -го раздела опросника.

Значения коэффициентов важности $P_{kx'}$ ($x' = [1; n_k]$) для каждого из вопросов k -го раздела вычисляют по формуле

$$P_{kx'} = \sum_{x'=1}^{n_k} a'_{kx'y'}, (x' \neq y').$$

Далее осуществляется нормализация полученных коэффициентов по формуле

$$Pn_{kx'} = \frac{P_{kx'}}{\sum_{x'=1}^{n_k} P_{kx'}}$$

с обязательным выполнением условия

$$\sum_{x'=1}^{n_k} Pn_{kx'} = 1.$$

Расчёт коэффициентов важности критериев качества первого порядка Pn_i ($i = [1, n]$, n – количество критериев качества первого порядка) в рамках опросника производят аналогично расчёту коэффициентов важности критериев качества второго порядка.

Критерии оценки квалификации эксперта второго порядка могут быть двух видов: качественные и количественные.

Качественные критерии не представляется возможным измерить численно, поэтому они изначально рассматриваются как нечёткие числа. Количественные же критерии, например, такие, как количество научных статей в области ЭЭ, измеряются обычными числами. Они не зависят от мнения проверяющих экспертов и считаются постоянными величинами на момент проведения оценки квалификации эксперта.

5. Занесение характеристик эксперта ЭЭ по количественным критериям квалификации эксперта ЭЭ

Количественные критерии в опросе проверяющих экспертов не используются. Значения, характеризующие эксперта по количественным критериям уровня квалификации, фиксируются в виде константных ответов на вопросы для каждого из проверяемых экспертов.

6. Проецирование количественных критериев квалификации эксперта ЭЭ на нечёткие числа

Для однородности информации значения количественных критериев пересчитываются в долях единицы, по отношению к максимально возможному значению по данному критерию, и представляются в виде нечётких чисел. При дальнейших расчётах количественными критериями оперируют наравне с качественными, их фиксированные значения используют необходимое количество раз, равное количеству проверяющих экспертов.

7. Опрос проверяющих экспертов по качественным критериям квалификации эксперта ЭЭ

При проведении тестирования каждый эксперт, входящий в состав комиссии, проводящей оценку квалификации эксперта, должен дать ответ на все вопросы опросника, соответствующие качественным критериям уровня квалификации эксперта, разработанного для проведения данной оценки, в виде термов лингвистической шкалы.

8. Расчёт нечёткой характеристики уровня квалификации эксперта ЭЭ по нечёткой математической модели с лингвистической шкалой [1]

Значение нечёткого числа, соответствующее ответу группы экспертов, проводящих оценку квалификации, из N человек на j -й вопрос (критерий второго порядка) k -го раздела (критерия первого порядка), определяется по формуле

$$\tilde{H}_{kj} = \sum_{i=1}^N (H_{kij} \tilde{W}_i),$$

где \tilde{W}_i – коэффициент важности мнения i -го эксперта проверяющей комиссии, или по формуле

$$\tilde{W}_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N H_{kij},$$

если коэффициенты важности мнений проверяющих экспертов не рассчитывались.

Суммарная оценка качества по k -му критерию первого порядка (по k -му разделу опросника) определяется по формуле:

$$\tilde{HS}_k = \left(\sum_{j=1}^{n_k} Pn_{kj} \cdot \tilde{H}_{kj} \right),$$

где Pn_{kj} – коэффициенты важности критериев второго порядка (вопросов) в k -м критерии первого порядка (разделе опросника);

n_k – количество критериев второго порядка (вопросов) в k -м критерии первого порядка (разделе опросника).

Далее вычисляется суммарная оценка квалификации эксперта по всем критериям в совокупности (в целом по опроснику) по формуле:

$$\tilde{HS} = \left(\sum_{k=1}^n Pn_k \cdot \tilde{HS}_k \right),$$

где Pn_k – коэффициенты важности критериев первого порядка (разделов опросника);

n – количество критериев первого порядка (разделов опросника).

9. Вычисление результирующего термина, характеризующего уровень квалификации эксперта в области ЭЭ

Критерием соответствия полученного нечёткого числа \tilde{HS} одной из эталонных оценок квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ является минимальное из вычисленных по нижеприведённой формуле α -уровневое расстояние [3]:

$$d_s\left(\tilde{HS}, \tilde{HE}_s\right) = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^m |x_i - y_j|, \quad \forall \mu_{\tilde{HE}_s} > \alpha,$$

где α – заданное значение α -уровня ($0 \leq \alpha \leq 1$);

x_i, y_j – носители полученного и эталонного нечёткого чисел \tilde{HS} и \tilde{HE}_s ;

m – количество компонентов нечёткого числа \tilde{HS} ;

t – количество компонентов нечёткого числа \tilde{HE}_s с функцией принадлеж-

ности $\mu_{\tilde{HE}_s} > \alpha$.

Эксперимент по выбору кандидата на должность эксперта

Выбор кандидата на должность сотрудника учреждения (У1), в обязанности которого входит экспертиза по экологической безопасности объектов, осуществляемая с использованием методики оценки квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ. На данную должность имелось 4 претендента. Матрица парных сравнений критериев качества первого порядка опросника представлена в табл. 2. Коэффициенты важности критериев качества первого порядка опросника представлены в табл. 3.

Для проведения оценки квалификации каждого из претендентов были привлечены по 3 сотрудника с предыдущих мест работы (учреждения У2) каждого из претендентов, которые были протестированы по разработанному опроснику. Коэффициенты важности сотрудников учреждений У2 были присвоены им сотрудниками отдела кадров учреждения У1 в соответствии с занимаемой должностью (табл. 4).

В тестировании также принял участие сотрудник отдела кадров У1, проводивший собеседование с претендентами. Его мнение при расчёте оценок квалификации претендентов учитывалось с коэффициентом важности 0,4.

На основании проведенного опроса сотрудников учреждений У2, сотрудника отдела кадров учреждения У1 и коэффициентов важности их мнений были получены оценки квалификации и профессиональной пригодности кандидатов (табл. 5).

Таблица 2

Матрица парных сравнений (суждений) для критериев качества первого порядка опросника по оценке квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ

Критерии качества	Критерий 1	Критерий 2	Критерий 3	Критерий 4	Критерий 5	Критерий 6
Критерий 1	1	9	1	1	1	9
Критерий 2	0,111	1	1	1	1	1
Критерий 3	1	1	1	1	1	9
Критерий 4	1	1	1	1	1	7
Критерий 5	1	1	1	1	1	9
Критерий 6	0,111	1	0,111	0,143	0,111	1

Таблица 3

Коэффициенты важности критериев качества первого порядка опросника по оценке квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ

Критерии качества	Коэффициенты важности
Критерий 1	0,22
Критерий 2	0,14
Критерий 3	0,19333
Критерий 4	0,19167
Критерий 5	0,19333
Критерий 6	0,061667

Таблица 4

Коэффициенты важности мнений сотрудников учреждений У2

Кандидат	Должность сотрудника учреждения У2	Коэффициент важности сотрудника учреждения У2
Кандидат 1	Начальник отдела	0,3
	Ведущий специалист	0,2
	Специалист	0,1
Кандидат 2	Начальник подразделения	0,35
	Специалист	0,15
	Лаборант	0,1
Кандидат 3	Ведущий специалист	0,26
	Специалист	0,17
	Специалист	0,17
Кандидат 4	Старший научный сотрудник	0,3
	Ассистент	0,2
	Лаборант	0,1

По итогам проведения оценки квалификации и профессиональной пригодности кандидатов на должность эксперта в области экологической безопасности в учреждение У1 был принят кандидат 3, получивший наилучшую оценку квалификации и профессиональной пригодности: "высокий уровень квалификации".

Оценки квалификации и профессиональной пригодности кандидатов

Кандидат	Оценки квалификации кандидата сотрудниками учреждений У1 и У2	Результующая оценка квалификации кандидата
Кандидат 1	Нормальный уровень квалификации	Нормальный уровень квалификации
	Неизменный уровень квалификации	
	Нормальный уровень квалификации	
	Нормальный уровень квалификации	
Кандидат 2	Нормальный уровень квалификации	Нормальный уровень квалификации
	Нормальный уровень квалификации	
	Нормальный уровень квалификации	
	Высокий уровень квалификации	
Кандидат 3	Высокий уровень квалификации	Высокий уровень квалификации
	Высокий уровень квалификации	
	Очень высокий уровень квалификации	
	Высокий уровень квалификации	
Кандидат 4	Средний уровень квалификации	Средний уровень квалификации
	Низкий уровень квалификации	
	Средний уровень квалификации	
	Средний уровень квалификации	

Заключение

Для оценки квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ применена нечёткая математическая модель с лингвистической шкалой, что позволило оценить квалификацию эксперта и возможность его участия в проведении экологических экспертиз, с точки зрения имеющегося у эксперта образования, знаний, умений, опыта, а также личностных качеств.

Процедура оценки квалификации и профессиональной пригодности эксперта в области ЭЭ с использованием данной методики реализована в виде подзадачи в рамках программного обеспечения "Автоматизированная система оценки качества ЭЭ", на которое имеется свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [4].

Литература

1. *Корченко А.Г.* Построение систем защиты информации на нечётких множествах. Теория и практические решения. К: "МК-Пресс", 2006. 320 с.
2. *Зырянова Е.В., Белов В.М., Пивкин Е.В.* Экологические экспертизы: оценка компетентности экспертов // Ползуновский Вестник. 2013. № 2. С. 288-289.
3. *Корченко А.Г., Черныш Л.Г.* Расстояние α -уровня для сравнения нечётких чисел // Проблемы информатизации и управления: сб. науч. тр. К.: КМУГА. 1997. Вып. 2. С. 117-124.
4. *Свидетельство* о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015612131 Автоматизированная система оценки качества экологических экспертиз (АСОКЭЭ) / Зырянова Е.В., Белов В.М., Индюшкин И.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "Алтайский государственный университет им. И. И. Ползунова" (RU). № 2014662976; заявл. 15.12.2014; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 13.02.2015.