

К вопросу об автоматизированной системе оценки качества экологических экспертиз (АС ОК ЭЭ)

Е.В. Зырянова, В.М. Белов

В статье рассматривается задача построения автоматизированной системы оценки качества экологических экспертиз: математический аппарат формализации, программное обеспечение, вычислительный эксперимент.

Ключевые слова: экология, экологические экспертизы, автоматизированные системы.

1. Введение

Экологическая экспертиза (ЭЭ) – установление соответствия документов и (или) документации, обосновывающих намечаемую в связи с реализацией объекта ЭЭ хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, отвечающим техническим регламентам и законодательству в области охраны окружающей среды (ООС), в целях предотвращения негативного воздействия на неё такой деятельности [1].

ЭЭ является инструментом для подготовки и принятия решений, для оценки полноты и достоверности информации, и на данный момент в России это – один из наиболее эффективных управленческих рычагов рационального природопользования и ООС [2]. Именно поэтому деятельность, относящаяся к ЭЭ, должна быть тщательно организована и проконтролирована, для чего и необходима оценка качества ЭЭ.

2. АС ОК ЭЭ

Оценка и контроль качества могут проводиться различными организациями и лицами на разных стадиях процесса ЭЭ. Чтобы унифицировать процедуры ЭЭ, сократить их сроки, снизить субъективное влияние специалистов в данной области при оценке и контроле качества ЭЭ, необходимо определить критерии оценки и контроля, разработать на их базе автоматизированную систему (АС) оценки качества ЭЭ. В нашем варианте разработки АС оценочные процедуры математической логики представлены аппаратом теории нечётких множеств (ТНМ) как наиболее эффективно отображающим неопределённости и неточности реального мира.

Отметим, что самостоятельной задачей в рамках создания автоматизированной системы оценки качества ЭЭ, которую мы не будем рассматривать в данной статье, является задача оценки квалификации специалистов в области ЭЭ. Из рис. 1, на котором представлена структура АС ОК ЭЭ, видно, что данная система включает в себя две подсистемы: «Оценка качества ЭЭ» и «Оценка качества специалиста в области ЭЭ».

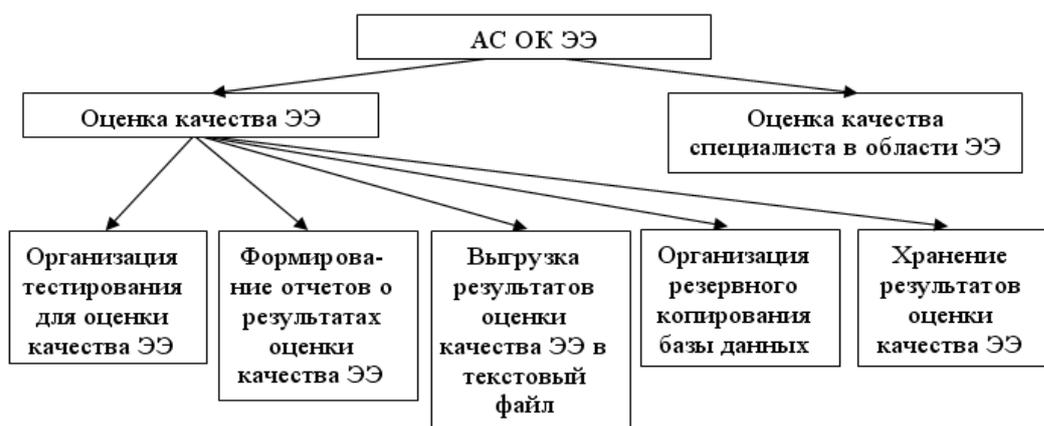


Рис. 1. Структура АС ОК ЭЭ

Самым важным элементом подсистемы «Оценка качества ЭЭ» является «Организация тестирования для оценки качества ЭЭ». Этот элемент реализуется с помощью ряда различного рода операций (рис. 2).



Рис. 2. Содержание структуры элемента «Организация тестирования для оценки качества ЭЭ»

Далее охарактеризуем основные пункты элемента «Организация тестирования для оценки качества ЭЭ». Для пунктов 1 и 2, функционально связанных, разработан перечень вопросов, при ответе на которые строятся оценки качества проведенной ЭЭ. Перечень вопросов содержит несколько разделов. Каждый из разделов соответствует закону или блоку законодательства, связанному с ЭЭ.

Первый раздел включает в себя вопросы для проверки соответствия ЭЭ Федеральному закону об ЭЭ [1]. Второй раздел предназначен для проверки соответствия проведенной ЭЭ Положению о порядке проведения ЭЭ и содержит вопросы, связанные с контролем [3]. Третий раздел предполагает проверку выполнения регламента проведения государственной ЭЭ и наличие в обосновывающей документации вывода о допустимости планируемого воздействия на окружающую природную среду, если ранее не проводилась оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Четвёртый раздел имеет место в перечне вопросов, если при осуществлении государственной ЭЭ проводили ОВОС. С помощью данного раздела проверяется выполнение инструкции по проведению ОВОС [4].

В пятом разделе обсуждаемого перечня предложены вопросы для проверки соблюдения Инструкции по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности [5]. Шестой раздел перечня сформирован для проверки соблюдения при проведении ЭЭ законов, напрямую к ним не относящихся. Седьмой раздел перечня используется для проверки соответствия заключения государственной ЭЭ Приказу министерства окружающей среды и природных ресурсов РФ об утверждении единой формы заключения государственной ЭЭ

[6]. Восьмой раздел перечня применяется в случае проведения ЭЭ специфических объектов. Он основан на соответствующем этим объектам законодательстве.

Пункты 3 – 6 элемента «Организация тестирования для оценки качества ЭЭ» функционально связаны на основе ТНМ. Они являются этапами реализации нечётких моделей оценки качества ЭЭ с использованием балльной и лингвистической шкал [7]. Данные модели описаны в литературе по теории нечётких множеств [8 – 13] и используются на практике, но для оценки качества проведения ЭЭ ранее не применялись. В данной статье рассмотрим использование для оценки качества ЭЭ только нечёткой модели с использованием балльной шкалы.

3. Нечёткая модель оценки качества ЭЭ с использованием балльной шкалы

Определение качества ЭЭ в соответствии с нечёткой моделью оценки с использованием балльной шкалы реализуют по результатам опроса проверяющих согласно перечню вопросов, описанному в пункте 2 данной статьи. Вопросы перечня предварительно ранжируются через определение коэффициента важности P_i ($i = [1; n]$, n – количество вопросов). Ответы на вопросы даются в баллах.

Для достижения этой цели используют метод ранжирования на основе преобразованной матрицы $A' = (a'_{vw})$, полученной на основании матрицы парных сравнений (суждений) $A = a_{ij}$, построение которой производится с помощью табл. 1.

Таблица 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

Элемент преобразованной матрицы определяют как:

$$a'_{vw} = \begin{cases} \frac{100}{a_{ij} + 1} \cdot a_{ij} & \forall i < j: v = i, w = j \\ 1 & \forall i = j: v = w = i = j \\ \frac{100}{a_{ij} + 1} & \forall i < j: v = j, w = i \end{cases} \quad (1)$$

где $i = j = [1; n]$,

n – количество вопросов системы проверки.

Значения коэффициентов важности ($P_i, i = [1; n]$) для каждого из вопросов перечня вычисляют по формуле:

$$P_i = \sum_{i=1}^n a_{ij}, (i \neq j). \quad (2)$$

После определения коэффициентов важности осуществляют их нормализацию по выражению

$$PN_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (3)$$

таким образом, чтобы выполнялось условие

$$\sum_{i=1}^n PN_i = 1. \quad (4)$$

В данной нечёткой модели оценки задают базовое терм-множество лингвистической переменной, которое определяет уровень качества ЭЭ нечёткими термами T_i .

Диапазон $[\underline{X}_j, \overline{X}_j]$, (где $\underline{X}_j = 0, \overline{X}_j = N_j$) изменения параметра X_j (где $j = [1, n]$, N_j – максимально возможное количество баллов по каждому вопросу, n – количество вопросов) отображают на универсальное множество эталонных нечётких чисел $X^* = [0, L - 1]$ (где L – количество эталонов), для чего фиксированное значение $X_j \in [\underline{X}_j, \overline{X}_j]$ пересчитывают в соответствующий элемент $X_j^* \in [0, L - 1]$ по формуле [7, 8]:

$$X_j^* = (L - 1) \frac{X_j - \underline{X}_j}{\overline{X}_j - \underline{X}_j}. \quad (5)$$

Функция принадлежности $\mu_i^j(X_j)$ (где $i = [1, L]$) нечёткого терма с i -м номером вычисляют с помощью выражения [8, 9]:

$$\mu_i^j(X_j^*) = \left[\frac{1}{1 + (X_j^* - i + 1)^2} \right]^{PN_j \cdot n}, \quad (6)$$

где $PN_j, j = [1, n]$ – коэффициенты важности, вычисленные по оценкам проверяющих экспертов для каждого из вопросов перечня по оценки качества ЭЭ.

На завершающей стадии определяют показатель уровня качества ЭЭ по следующему логическому выражению [10]:

$$\mu_S(X_j) = \bigvee_{i=1}^L \bigwedge_{j=1}^n \mu_i^j, \quad (7)$$

где $i = [1, L]$ – номер терма из базового терм-множества T ;

$j = [1, n]$ – номер вопроса из перечня, используемого для оценки качества ЭЭ.

4. Характеристика программного обеспечения

Для реализации программного продукта выбрана среда программирования Delphi, которая позволяет осуществить быстрое построение программы за счёт использования объектно-ориентированного программирования, развитых средств ведения диалога и аппарата обработки событий, а также возможности создания библиотек функций и подпрограмм с различными наборами параметров. Математический аппарат данной среды позволяет быстро и полноценно реализовать методы теории нечётких множеств [7 – 13], применяемые нами для оценки качества ЭЭ.

Для работы с базой данных, содержащей перечни вопросов по оценке качества ЭЭ, ответы экспертов на эти вопросы, а также другую необходимую для работы АС ОК ЭЭ информацию, применяется СУБД MySQL. Преимущества данной СУБД заключаются в том, что она бесплатна и в композиции со средой программирования Delphi даёт быстрое и эффективное управление базой данных.

Для создания отчётов по результатам работы АС ОК ЭЭ и для разработки документации к программе использовался текстовый редактор Microsoft Word. Этот выбор обусловлен удобством использования (как самостоятельно, так и в композиции с выбранной средой программирования) и широким распространением данного редактора. Для разработки некоторых элементов интерфейса АС ОК ЭЭ, а также для построения рисунков, входящих в документацию, использовался графический редактор Paint.

Такой выбор программного обеспечения для разработки АС ОК ЭЭ позволяет, во-первых, создать эффективный программный код, во-вторых, позволит сделать систему открытой и впоследствии дополняемой.

5. Вычислительный эксперимент

В качестве вычислительного эксперимента выполним расчёт качества некоей теоретической проведённой ЭЭ, взяв в тестирование по одному обобщённому вопросу из каждого раздела перечня вопросов, описанного в пункте 2 данной статьи. Перечень вопросов будет выглядеть следующим образом:

1. Соответствует ли проведённая экспертиза принципам ЭЭ?
2. Были ли материалы, предоставленные в Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации и его территориальные органы на государственную ЭЭ, полными и достаточными?
3. Был ли в полной мере выполнен Регламент проведения государственной ЭЭ при проведении данной экспертизы?
4. Соответствовал ли порядок (процедура) проведения ОВОС при проведении данной ЭЭ установленному Минприроды России?
5. Гарантируют ли инициаторы намечаемой хозяйственной и иной деятельности рациональное и экономное расходование природных, материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов?
6. Не нарушает ли намечаемая деятельность Конституцию Российской Федерации?
7. Соответствует ли заключение государственной ЭЭ приказу Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ об утверждении единой формы заключения государственной ЭЭ?
8. Предполагает ли программа развития намечаемой деятельности предупреждение и ликвидацию последствий техногенных аварий?

Вычисление оценки уровня качества ЭЭ проведём с использованием нечёткой модели с балльной шкалой. Произведём ранжирование вопросов, то есть зададим каждому из вопросов его вес относительно других вопросов перечня. Для этого, используя табл. 1, построим матрицу парных сравнений (суждений) $A = (a_{ij})$, затем преобразуем её в матрицу $A' = (a'_{vw})$ по формуле (1) при $i = j = [1;8]$:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 5 & 3 & 2 & 3 & 4 & 1 \\ 1 & 1 & 3 & 2 & 6 & 1 & 1 & 7 \\ 0,2 & 0,33 & 1 & 5 & 1 & 3 & 2 & 3 \\ 0,33 & 0,5 & 0,2 & 1 & 4 & 7 & 1 & 1 \\ 0,5 & 0,17 & 1 & 0,25 & 1 & 2 & 4 & 5 \\ 0,33 & 1 & 0,33 & 0,14 & 0,5 & 1 & 5 & 2 \\ 0,25 & 1 & 0,5 & 1 & 0,25 & 0,2 & 1 & 3 \\ 1 & 0,14 & 0,33 & 1 & 0,2 & 0,5 & 0,33 & 1 \end{pmatrix};$$

$$A' = \begin{pmatrix} 1 & 50 & 3,3 & 8,3 & 16,7 & 8,3 & 5 & 50 \\ 50 & 1 & 8,3 & 16,7 & 2,4 & 50 & 50 & 1,8 \\ 16,7 & 25 & 1 & 3,3 & 50 & 8,3 & 16,7 & 8,3 \\ 25 & 33,3 & 16,7 & 1 & 5 & 1,8 & 50 & 50 \\ 33,3 & 14,3 & 50 & 20 & 1 & 16,7 & 5 & 3,3 \\ 25 & 50 & 25 & 12,5 & 33,3 & 1 & 3,3 & 16,7 \\ 20 & 50 & 33,3 & 50 & 20 & 16,7 & 1 & 8,3 \\ 50 & 12,5 & 25 & 50 & 16,7 & 33,3 & 325 & 1 \end{pmatrix}.$$

Рассчитываем коэффициенты важности для каждого из вопросов перечня по формуле (2):

$$P_1 = 50 + 3,3 + 8,3 + 16,7 + 8,3 + 5 + 50 = 141,6;$$

$$P_2 = 50 + 8,3 + 16,7 + 2,4 + 50 + 50 + 1,8 = 179,2;$$

$$P_3 = 16,7 + 25 + 3,3 + 50 + 8,3 + 16,7 + 8,3 = 128,3;$$

$$P_4 = 25 + 33,3 + 16,7 + 5 + 1,8 + 50 + 50 = 181,8;$$

$$P_5 = 33,3 + 14,3 + 50 + 20 + 16,7 + 5 + 3,3 = 142,6;$$

$$P_6 = 25 + 50 + 25 + 12,5 + 33,3 + 3,3 + 16,7 = 165,8;$$

$$P_7 = 20 + 50 + 3,3 + 50 + 20 + 16,7 + 8,3 = 198,3;$$

$$P_8 = 50 + 12,5 + 25 + 50 + 16,7 + 33,3 + 25 = 212,5;$$

$$\sum_{i=1}^8 P_i = 141,6 + 179,2 + 128,3 + 181,8 + 142,6 + 165,8 + 198,3 + 212,5 = 1350,1.$$

Рассчитываем нормализацию коэффициентов важности по формуле (3) с учётом формулы (4):

$$PN_1 = \frac{141.6}{1350.1} = 0.10488;$$

$$PN_2 = \frac{179.2}{1350.1} = 0.13272;$$

$$PN_3 = \frac{128.3}{1350.1} = 0.09503;$$

$$PN_4 = \frac{181.8}{1350.1} = 0.13465;$$

$$PN_5 = \frac{142.6}{1350.1} = 0.10562;$$

$$PN_6 = \frac{165.8}{1350.1} = 0.12281;$$

$$PN_7 = \frac{198.3}{1350.1} = 0.14688;$$

$$PN_8 = \frac{212.5}{1350.1} = 0.15739.$$

Произведём оценку качества рассматриваемой ЭЭ по трёхбалльной шкале. Ответы независимого эксперта на контрольные вопросы приведены в табл. 2.

Таблица 2. Ответы эксперта

№ вопроса	Ответ в баллах (от 1 до 3) X_j
1	3
2	2
3	2
4	3
5	2
6	3
7	2
8	3

Пересчитаем X_j в соответствующий элемент X_j^* по формуле (5) при $L = 3$:

$$X_1^* = 2 \cdot \frac{3-1}{3-1} = 2;$$

$$X_2^* = 2 \cdot \frac{2-1}{3-1} = 1;$$

$$X_3^* = 2 \cdot \frac{2-1}{3-1} = 1;$$

$$X_4^* = 2 \cdot \frac{3-1}{3-1} = 2;$$

$$X_5^* = 2 \cdot \frac{2-1}{3-1} = 1;$$

$$X_6^* = 2 \cdot \frac{3-1}{3-1} = 2;$$

$$X_7^* = 2 \cdot \frac{2-1}{3-1} = 1;$$

$$X_8^* = 2 \cdot \frac{3-1}{3-1} = 2.$$

Далее определим значения функции принадлежности и показатель уровня качества рассматриваемой ЭЭ, используя формулы (6) и (7):

$$\mu_S(X_j) = \bigvee_{i=1}^3 \bigwedge_{j=1}^8 \mu_i^j = \max_{1 \leq i \leq 3} \min_{1 \leq j \leq 8} \mu_i^j = \max\{0.1318; 0.4178; 0.4429\} = 0.4429$$

Предположим, что базовое терм-множество лингвистической переменной, которая определяет уровень качества рассматриваемой ЭЭ нечёткими термами T_i , задано следующим образом:

$\mu_S \in [0; 0.35]$ – низкое качество;

$\mu_S \in (0.35; 0.75)$ – среднее качество;

$\mu_S \in [0.75; 1]$ – высокое качество.

По результатам расчётов получили, что при данном (очень кратком и очень общем) перечне вопросов и при имеющихся на эти вопросы ответах проверяющего эксперта (табл. 2), мы можем сказать, что ЭЭ имеет среднее качество проведения.

Отметим, что данный вычислительный эксперимент носит чисто теоретический характер, разработан для проверки возможности применения данной нечёткой модели для оценки качества ЭЭ и тестирования АС ОК ЭЭ. Для полноценной оценки качества проведенной ЭЭ необходимо использовать полный перечень вопросов, описанных в пункте 2 настоящей статьи.

6. Заключение

В работе предложен вариант формализации и автоматизации оценки качества проведения ЭЭ. Разработанный перечень вопросов для оценки качества проводимых ЭЭ охватывает все стороны имеющейся законодательной базы РФ в области данных исследований. Использование для оценки качества ЭЭ нечётких моделей с применением балльной и лингвистической шкал даёт возможность получить результат, когда входные данные заданы не в числовой форме и (или) не имеют чётких границ. В связи с этим оценку качества ЭЭ, осуществляемую с помощью предлагаемой АС ОК ЭЭ, можно считать полноценной, всеохватывающей и применимой на практике при любых результатах проведения ЭЭ.

Литература

1. Федеральный Закон от 23.11.1995 № 174-ФЗ (ред. от 28.07.2012) «Об экологической экспертизе».
2. Букс И.И., Фомин С.Л. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Программа курса и учебно-методические материалы. - М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. - 146 с.
3. Постановление правительства РФ от 11.06.1996 №698 «Об утверждении положения о порядке проведения экологической экспертизы».

4. Приказ Госкомэкологии РФ от 16.05.2000 №372 «Об утверждении положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в РФ».
5. Приказ Минприроды РФ от 29.12.1995 №539 «Об утверждении «Инструкции по экологическому обоснованию намечаемой хозяйственной и иной деятельности».
6. Приказ Минприроды РФ 28.09.1995 №392 «Об утверждении единой формы Заключения государственной экологической экспертизы».
7. *А.Г. Корченко*. Построение систем защиты информации на нечётких множествах. Теория и практические решения. – К.: Изд-во «МК-Пресс», 2006. – 320 с., ил.
8. *Борисов А. Н., Крумберг О. А., Фёдоров И. П.* Принятие решений на основе нечётких моделей. Примеры использования. - Рига: 1990.-184 с.
9. *Кофман А.* Введение в теорию нечётких множеств. Пер. с франц. – М. Радио и связь, 1982 – 432 с.: ил.
10. *Алтунин А. Е., Семухин М. В.* Модели и алгоритмы принятия решений в нечётких условиях. - Тюмень: Тюмен. гос.ун-та, 2000. - 352 с.
11. *Ротштейн А. П., Штовба С. Д.* Нечёткая надёжность алгоритмических процессов. - Винница: Континент-ПРИМ, 1997. - 142 с.
12. *Корченко А.Г.* Методы и аппаратные средства реализации нечётких операций // Автоматизированные системы обработки информ.: Сб. науч. тр. - К.: КМУГА, 1996. – 187 с.
13. *А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева и др.* Обработка нечёткой информации в системах принятия решений - М.: Радио и связь, 1989. - 304 с.

*Статья поступила в редакцию 29.05.2013;
переработанный вариант — 24.06.2013*

Зырянова Екатерина Васильевна

аспирант СибГУТИ (658222, Алтайский край, г. Рубцовск, ул. Северная, 12-43)
тел. 8-913-023-75-03, e-mail: keyvezed@mail.ru.

Белов Виктор Матвеевич

д.т.н., Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, профессор кафедры «Безопасность и управление телекоммуникациями» (630008, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Б. Богаткова, 63-216) тел. 8-906-963-84-83, e-mail: vmbelov@mail.ru.

On the issue of automated quality assessment system of environmental impact assessment

E. Zyryanova, V. Belov

In this article we consider the problem of constructing an automated quality assessment system of environmental impact assessment: mathematical tool of formalization, software, computing experiment.

Keywords: ecology, environmental impact assessment, automated systems.