

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА ГРУППОВЫХ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Коваленко И.И., Швед А.В.,

Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского,

Передерий В.И.,

Национальный университет кораблестроения

В статье рассмотрены возможные подходы к построению унифицированных технологий анализа групповых экспертных оценок, в основе которых лежит учет видов задач, типов измерительных шкал и форм представления индивидуальных экспертных оценок. Предложенная структура интегрированной информационной технологии анализа групповых экспертных оценок создает основу для алгоритмизации рассмотренных процедур и включения их в состав универсального программного обеспечения систем поддержки принятия решений в различных предметных областях.

Ключевые слова: информационные технологии, экспертные оценки, системы поддержки принятия решений, экспертные измерения, математические методы поддержки решений.

Постановка проблемы. В настоящее время известны три основных задачи анализа групповых экспертных оценок [6, 8]:

- 1) определение согласованности оценок;
- 2) классификация (кластеризация) оценок в случае отсутствия их согласованности;
- 3) определение обобщенной оценки внутри согласованной группы.

Для решения таких задач существует множество методов получения и анализа экспертных оценок, однако научно обоснованной классификации и унификации таких методов и тем более однозначных рекомендаций по их применению не существует [10]. Данное обстоятельство, по-видимому, прежде всего связано с разноплановостью шкал экспертных измерений и большим числом различных форм представления экспертных оценок (наименования, числа, ранжировки, интервалы, парные сравнения и др.), что и повлекло за собой появление разнообразных методов их анализа. Вторым фактором, который следует учитывать при выборе методом анализа экспертных оценок, является ограниченность числа экспертов n ($n \leq 30$), т.е. выборка их оценок является малой, что делает практически невозможной проверку, например, на нормальное распределение даже с использованием такого мощного непараметрического критерия согласия, каким является критерий Шапиро-Уилка [7, 8]. Учитывая то, что основными методами анализа экспертных оценок являются методы прикладной математической статистики, указанный фактор не позволяет применять параметрические статистические модели. Исходя из вышесказанного, в основу подходов к унификации технологий анализа групповых экспертных оценок должен быть положен учет рассмотренных факторов. Следует отметить, что по поставленной проблеме

практически отсутствуют научные публикации, и сослаться, пожалуй, можно лишь на работу [10], посвященную унификации алгоритмов организации экспертиз.

Целью данной работы является рассмотрения ряда возможных подходов к построению унифицированных технологий анализа групповых экспертных оценок, в основе которых лежит учет видов задач, типов измерительных шкал и форм представления индивидуальных экспертных оценок.

Изложение основного материала. Пусть экспертная группа в составе n экспертов ($\{n_i\}, i=1, \dots, n$) оценивает некоторое множество m объектов O ($\{O_j\}, j=1, \dots, m$), так что результаты можно представить матрицей размерности $n \times m$ вида:

$$(O_{ij}) = \begin{pmatrix} O_{11} & O_{12} & \dots & O_{1m} \\ O_{21} & O_{22} & \dots & O_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ O_{i1} & O_{i2} & \dots & O_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ O_{n1} & O_{n2} & \dots & O_{nm} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где O_{ij} – оценка i -м экспертом j -го объекта. В данной матрице каждая строка содержит оценки какого-либо эксперта по всем объектам, а столбец – оценки всей группы экспертов по одному из объектов.

Рассмотрим процедуру построения технологий анализа экспертных оценок с учетом перечисленных факторов.

1. Технология анализа на основе абсолютной шкалы экспертных измерений

Абсолютная шкала применяется, например, для измерения количества объектов (предметов, событий, и т.п.). Экспертные оценки, полученные в такой шкале представляют собой обычные натуральные числа x , например, в интервале $[0; 100]$, т.е. $x \in [0; 100]$. Тогда схему анализа можно представить в следующем виде:

$$(x_{ij}) = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \bar{X}_1 \\ \bar{X}_2 \\ \dots \\ \bar{X}_j \\ \dots \\ \bar{X}_m \end{pmatrix} \Rightarrow X_{об.}, \quad (2)$$

где \bar{X}_j – оценка типа «среднее», полученная по j -му столбцу (объекту) всеми экспертами и характеризующая их согласованность; $X_{об.}$ – обобщенная экспертная оценка внутри согласованной группы. Если j -й столбец матрицы (2) представлен однородными и нормально распределенными значениями, то в

качестве оценки \bar{X}_j может быть использовано обычное среднее арифметическое. Однако, как было сказано выше, такая ситуация возможна далеко не всегда. Поэтому в данном случае целесообразно использовать адаптивные оценки робастного статистического оценивания [3, 4, 8]. Основная идея такого оценивания заключается в том, что из сформированного набора оценок типа «среднее» выбирается та, которая соответствует определенным значениям статистик, характеризующих, например, так называемые «хвосты» распределений. Рассмотрим одну из таких процедур, представленную в работе [4]:

$$\bar{X}_j = \begin{cases} x^o(0.25), & Q < 2; \\ x(0), & 2 \leq Q \leq 2.6; \\ x(0.1875), & 2.6 < Q \leq 3.2; \\ x(0.375), & Q > 3.2. \end{cases} \quad Q = \frac{U(0.05) - L(0.05)}{U(0.5) - L(0.5)}. \quad (3)$$

Здесь Q – статистика, характеризующая вес «хвостов» распределения; $U(\cdot)$ – среднее $[0.05 \cdot n]$ и $[0.5 \cdot n]$ старших членов вариационного ряда; $L(\cdot)$ – среднее $[0.05 \cdot n]$ и $[0.5 \cdot n]$ младших членов вариационного ряда; $x^o(0.25)$ – среднее, построенное по $\alpha_1 n$, $\alpha_1 = 0.25$ старшим и $\alpha_1 n$ младшим значениям вариационного ряда; $x(0)$ – арифметическое среднее; $x(0.1875)$ и $x(0.375)$ – усеченные средние, полученные по усеченному вариационному ряду с уровнями усечения $k_1 = \alpha_2 n$, $\alpha_2 = 0.1875$ и $k_2 = \alpha_3 n$, $\alpha_3 = 0.375$; n – объем вариационного ряда.

Полученные значения Q ($2 \leq Q \leq 2.6$) дает возможность использовать оценку $x(0)$, что и будет означать согласованность экспертных оценок. Остальные оценки $x^o(0.25)$, $x(0.1875)$ и $x(0.375)$ говорят о том, что усреднение можно получить только по отдельным совокупностям значений вариационного ряда, полученного по экспертным оценкам. Другими словами, характеризуют их несогласованность, что и приводит к задаче классификации, которая может быть представлена процедурой разбиения вариационного ряда на однородные совокупности следующего вида [5]:

$$X_{(j)} = \begin{cases} (x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(\alpha_1 n)}), (x_{(\alpha_1 n+1)}, x_{(\alpha_1 n+2)}, \dots, x_{(3\alpha_1 n)}), \\ (x_{(3\alpha_1 n+1)}, x_{(3\alpha_1 n+2)}, \dots, x_{(n)}), & Q < 2, \\ (x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(\alpha_2 n)}), (x_{(\alpha_2 n+1)}, x_{(\alpha_2 n+2)}, \dots, x_{(n-3\alpha_2 n)}), \\ (x_{(n-3\alpha_2 n+1)}, x_{(n-3\alpha_2 n+2)}, \dots, x_{(n)}), & 2.6 < Q \leq 3.2, \\ (x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(\alpha_3 n)}), (x_{(\alpha_3 n+1)}, x_{(\alpha_3 n+2)}, \dots, x_{(n-\alpha_3 n)}), \\ (x_{(n-\alpha_3 n+1)}, x_{(n-\alpha_3 n+2)}, \dots, x_{(n)}), & Q > 3.2. \end{cases} \quad (4)$$

Обобщенную оценку внутри согласованной экспертной группы можно получить, используя одну из бутстреп-процедур, например, процедуру «размножения» выборок (*resampling*) [1, 8]. Она состоит из следующих итераций:

В первом случае \bar{R}_j имеет вид:

$$\bar{R}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i.$$

Во втором случае:

$$\bar{R}_j (med) = \begin{cases} r_{(n+1)/2}, & \text{если } n - \text{нечетное,} \\ [r_{(n/2)} + r_{(1+n/2)}] / 2, & \text{если } n - \text{четное.} \end{cases}$$

Предварительно ранги, составляющие элементы матрицы (6), ранжируются (упорядочиваются) по столбцам в виде:

$$r_{1j} \geq r_{2j} \geq \dots \geq r_{ij} \geq \dots \geq r_{nj}.$$

В конечном итоге $R_{об.}$ может быть представлена двумя видами ранжировок:

- строгой $R_{об.}$: $r_{1j} \succ r_{2j} \succ \dots \succ r_{ij} \succ \dots \succ r_{nj}$;
- не строгой $R_{об.}$: $r_{1j} \succ r_{2j} \succ r_{3j} \sim r_{4j} \sim r_{5j} \succ \dots \succ r_{ij} \succ \dots \succ r_{nj}$.

(7)

Появление в ранжировках (7) знака говорит о наличии в них кластеров, например, $(r_{3j} \sim r_{4j})$. Тогда вторая ранжировка из (7) может быть представлена так:

$$R_{об.} : r_{1j} \succ r_{2j} \succ (r_{3j}, r_{4j}, r_{5j}) \succ \dots \succ r_{ij} \succ \dots \succ r_{nj}.$$

При наличии, например k , ранжировок вида (7) для построения их обобщенной усредненной оценки может быть использована медиана Кемени [1, 6].

Пусть имеется $R_{об.1}, R_{об.2}, R_{об.3}, \dots, R_{об.k}$, тогда выражение для определения медианы Кемени имеет вид:

$$Arg \min_{R_{об.}} \sum_{i=1}^k D(R_{об.i}, R_{об.}), \tag{8}$$

где $Arg \min$ – то или те значения $R_{об.}$, при которых достигает минимума указанная сумма расстояний (мер близости) D Кемени от ранжировок $R_{об.i}$ до текущей ранжировки $R_{об.}$, по которой и проводится минимизация. Таким образом:

$$\sum_{i=1}^k D(R_{об.i}, R_{об.}) = D(R_{об.1}, R_{об.}) + D(R_{об.2}, R_{об.}) + D(R_{об.3}, R_{об.}) + \dots + D(R_{об.k}, R_{об.}). \quad (9)$$

Следует отметить, что в вычислительном отношении медиана Кемени является достаточно сложной процедурой. В тоже время она позволяет получать единственное корректное результирующее ранжирование.

3. Технология анализа экспертных измерений на основе шкалы отношений

В данной шкале отражаются отношения свойств объектов, т.е. во сколько раз свойство одного объекта превосходит это же свойство другого объекта. Отношения, которые задаются на этой шкале, имеют вид: предпочтения (\succ или \prec) и эквивалентность (\sim). При выполнении экспертных измерений в шкале отношений широкое распространение получила процедура попарного сравнения объектов.

Если, например, имеются два объекта O_1 и O_2 , то при их парном сравнении возможны только три варианта результата: O_1 лучше O_2 ($O_1 \succ O_2$), O_1 хуже O_2 ($O_1 \prec O_2$), O_1 и O_2 равноценны ($O_1 \sim O_2$). Сравнивая попарно все объекты некоторого исходного множества, например $\{O_1, O_2, O_3, O_4\}$, можно получить как строгую ($O_1 \succ O_2, O_2 \succ O_3, O_3 \succ O_4$), так и нестрогую ($O_1 \succ O_2, O_2 \succ O_3, O_3 \sim O_4$) ранжировки. В результате выполнения парных сравнений формируется матрица A_{ij} со свойствами обратной симметричности следующего вида:

$$(A_{ij}) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mm} \end{pmatrix}, \quad (10)$$

где $a_{ij} = 1/a_{ji}$, $i=1, \dots, m$ и $j=1, \dots, m$ относятся соответственно к строке и столбцу, а m – число сравниваемых элементов (объектов); a_{ij} – некоторые положительные числа.

В основе анализа матрицы (10) лежат процедуры нахождения собственных векторов, которые, в свою очередь, используются для определения значений векторов приоритетов (ранжировок). Указанные процедуры могут быть реализованы по следующим схемам:



Рисунок 1 – Структура интегрированной информационной технологии анализа групповых экспертных оценок

транзитивности: если $\omega_1 \succ \omega_2$, $\omega_2 \succ \omega_i$, $\omega_i \succ \omega_m$ то $\omega_1 \succ \omega_m$; если $\omega_1 \sim \omega_2$, $\omega_2 \sim \omega_i$, $\omega_i \sim \omega_m$ то $\omega_1 \sim \omega_m$; если $\omega_1 \succ \omega_2$, $\omega_2 \sim \omega_i$, $\omega_i \succ \omega_m$ то $\omega_1 \succ \omega_m$. Для получения обобщенной оценки согласованного множества векторов приоритетов, как и в предыдущем случае, целесообразно использовать медиану Кемени.

В настоящее время наиболее популярным методом для экспертных измерений в шкале отношений, является метод анализа иерархий [9] и его модификации (мультипликативный метод анализа иерархий, метод анализа иерархий с использованием теории Демпстера-Шейфера и др.).

Все вышеизложенные рассуждения позволили предложить структуру интегрированной информационной технологии анализа групповых экспертных оценок (рис. 1).

Выводы. На современном этапе развития теории экспертных оценок, который характеризуется наличием множеств методов их получения и анализа, можно говорить о постановке и решении задач, направленных на систематизацию и унификацию таких методов. Это создает основу для построения интегрированных информационных технологий, основанных на общности типов задач анализа групповых экспертных оценок, шкал экспертных измерений, математических методах обработки экспертных оценок, форм представления экспертных оценок и других факторов. Такой подход позволит создавать универсальное программное обеспечение систем поддержки принятия решений в различных предметных областях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения. – М.: Сов. Радио, 1972. – 192 с.
2. Коваленко И.И., Пономаренко Т.В. Анализ согласованности экспертных оценок, представленных результатами попарных сравнений // Сб. науч. трудов НУК. – 2008. – №3. – С. 157-161.
3. Коваленко И.И., Пономаренко Т.В. Анализ подходов к выбору методов обработки экспертных оценок // Сб. науч. трудов ХНТУ. – 2008.
4. Коваленко И.И., Гожий А.П. Нетрадиционные методы статистического анализа данных. – Николаев: Илион, 2006. – 116 с.
5. Коваленко И.И., Швед А.В. Классификация групповых экспертных оценок с применением адаптивных робастных статистических процедур // Системные технологии. – 2010. – №1 (66). – С. 75-83.
6. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2003. – 392 с.
7. Орлов А.И. Экспертные оценки // Заводская лаборатория. – 1996. – Т. 62, №1. – С. 54-60.
8. Орлов А.И. Экспертные оценки. – М.: Изд-во «Экзамен», 2002. – 31 с.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

10. Тоценко В.Г. Об унификации алгоритмов организации экспертиз // Системные исследования и информационные технологии. – 2003. – №1. – С. 96-101.

Коваленко І.І., Швед О.В., Передерій В.І. ІНТЕГРОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ГРУПОВИХ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК

У статті розглянуто можливі підходи до побудови уніфікованих технологій аналізу групових експертних оцінок, в основі яких лежить облік видів завдань, типів шкал вимірювання і форм представлення індивідуальних експертних оцінок. Запропонована структура інтегрованої інформаційної технології аналізу групових експертних оцінок створює основу для алгоритмізації розглянутих процедур і включення їх до складу універсального програмного забезпечення систем підтримки прийняття рішень у різних предметних областях.

Ключові слова: інформаційні технології, експертні оцінки, системи підтримки прийняття рішень, експертні вимірювання, математичні методи підтримки рішень.

Kovalenko I.I., Shved A.V., Perederiy V.I. THE INTEGRATED INFORMATION TECHNOLOGY OF THE ANALYSIS OF GROUP EXPERT ESTIMATIONS

Possible approaches to construction of the unified technologies of the analysis of group expert estimations in which basis the account of kinds of problems tasks, types of measuring scales and forms of representation of individual expert estimations are considered in the article. The offered structure of the integrated information technology of the analysis of group expert estimations creates a basis for algorithmization of the considered procedures and their inclusion in structure the universal software of systems of support of decision-making in various subject areas.

Key words: the information technologies, the expert estimations, the systems of support of decision-making, the expert measuring, the mathematic methods of support of decision-making.