

УДК 53.087.2

АЛГОРИТМ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ СВОЙСТВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Серенков П. С., Романчак В. М., Бережных Е. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Обоснована постановка задачи многокритериального выбора наиболее приемлемого для разработчика компонента проектируемого объекта. Представлена концепция модуля экспертной системы поддержки принятия решения, которая по запросу разработчика осуществляет поиск и дает интегральную оценку уровня предпочтительности каждого из предложенных альтернативных вариантов. В основу концепции положена классическая квалиметрическая модель. Рассмотрено решение частной задачи по критериальному оцениванию коэффициентов весомости свойств проектируемого объекта.

Ключевые слова: экспертная система, квалиметрическая модель, коэффициенты весомости свойств

ALGORITHM FOR EXPERT ASSESSMENT OF PROPERTY WEIGHT COEFFICIENTS IN DESIGNING OF COMPLEX TECHNICAL OBJECTS

Serenkov P., Romanchak V., Berazhnykh E.

Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The problem statement of multi-criteria selection of the most acceptable component of the designed object for the developer is substantiated. The concept of the module of the expert decision support system is presented, which, at the request of the developer, searches and provides an integral assessment of the level of preference of each of the proposed alternative options. The concept is based on the classical qualimetric model. The solution of a particular problem on the correct assessment of the weighting coefficients of the properties of the designed object is considered. Keywords: expert system, qualimetric model, weighting coefficients of properties.

Key words: expert system, qualimetric model, weighting coefficients of properties

Адрес для переписки: Серенков П. С., ул. Я. Коласа, 22, 518, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: pavelserenkov@bntu.by

Проектирование сложных технических объектов в современных условиях построено на модульном принципе. Т. е. проектируемое изделие рассматривается как иерархически структурированный набор взаимосвязанных компонентов, подавляющая часть которых являются готовыми изделиями, приобретаемыми на рынке. Предметом доклада выступает задача выбора на альтернативной основе наиболее приемлемого для разработчика компонента проектируемого технического объекта.

Экспертная система поддержки принятия решения по запросу разработчика выдает ряд альтернативных вариантов проектируемого компонента, например, вычислительной интегральной микросхемы. Предлагаемая в докладе концепция модуля экспертной системы нацелена на оценку степени предпочтительности предложенных альтернативных вариантов с позиций, например, надежности сложных технических объектов. Основная проблема достоверной оценки степени предпочтительности заключается в том, что к каждому элементу технического объекта разработчик предъявляет комплекс свойств, которые в совокупности определяют его выбор из предложенного множества альтернативных вариантов. При этом каждый вариант по каждому свойству может иметь различную степень выраженности (оптимальности, предпочтительности).

Для интегральной оценки степени предпочтительности каждого из предложенных альтер-

нативных вариантов проектируемого элемента рационально применить аддитивную квалиметрическую модель типа:

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = k_1 \cdot x_1 + k_2 \cdot x_2 + \dots + k_n \cdot x_n, \quad (1)$$

где $U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - интегральная оценка степени предпочтительности проектируемого компонента, k_i - коэффициенты влияния свойств (в порядке убывания), x_i - числовые значения уровня приемлемости каждого свойства, $0 \leq x_i \leq 1$, n - количество свойств.

В докладе рассмотрено решение первой задачи - корректное экспертное оценивание коэффициентов влияния k_i .

Обоснован и предложен алгоритм оценивания k_i - коэффициентов влияния свойств.

Для оценки коэффициенты влияния будем использовать авторский метод альтернатив [1].

1 шаг. Экспертная система для типового элемента проектируемого объекта априори предлагает комплекс из n свойств (x_1, x_2, \dots, x_n) в случайном порядке и предлагает разработчику ранжировать свойства проектируемого элемента, располагая их в таблице в порядке убывания значимости для надежности объекта, присвоив им ранги V_i (свойство V_1 - наиболее значимо и свойство V_n - наименее значимо).

2 шаг. Экспертная система формирует планы A и B для опроса разработчика, включающие серию вопросов:

В какой мере свойство элемента V_i более значимо для надежности объекта космической техники, чем свойство элемента V_j ?», т. е. сравнивает каждое i -ое свойство с j -м свойством, руководствуясь 9-тибалльной шкалой Т. Саати парных сравнений и заполняет табл. 1 сравнительных оценок по шкале парных сравнений.

Таблица 1 – Сравнительные оценки свойств по шкале парных сравнений

План А: $V_i - V_n$	Ответ разработчика в баллах	План В: $V_{i+1} - V_i$	Ответ разработчика в баллах
$V_1 - V_n$	9	$V_1 - V_2$	1
$V_2 - V_n$	7	$V_2 - V_3$	1
$V_3 - V_n$	5	$V_3 - V_4$	4
...
$V_{n-1} - V_n$	3	$V_{n-1} - V_n$	0

3 шаг. Экспертная система вычисляет значения рейтингов всех свойств проектируемого элемента по данным опроса разработчика из планов А и В. С этой целью экспертная система преобразовывает оценки табл. 1 в рейтинги R_{ij} :

– для плана А рейтинги:

$$R_{ik} = V_i - V_k, \quad i=1, 2, \dots, n; \quad i \neq k, \\ R_{kk} = V_k - V_k = 0;$$

– для плана В рейтинги:

$$R_{i, i+1} = V_i - V_{i+1}, \quad i=1, 2, \dots, n-1, \\ R_{n, n+1} = 0.$$

4 шаг. Экспертная система выполняет следующее преобразование значений рейтингов $R_{i, j}$ для планов А и В, приводя их к единому сравнимому виду $R_{i, n}$.

– для плана А преобразованные рейтинги:

$$R_{i, n} = R_{i, k} - R_{n, k}, \quad i=1, 2, \dots, n.$$

– для плана В преобразованные рейтинги:

$$R_{i, n} = R_{i, i+1} + R_{i+1, n}, \quad i=n-1, n-2, \dots, 1 \\ R_{n, n} = 0$$

5 шаг. Экспертная система выполняет нормирование рейтингов $R_{i, n}$ отдельно для планов А и В по формуле:

$$R_{i, n} = R_{i, n} / R_{1, n}, \quad i=n-1, n-2, \dots, 1$$

и формирует таблицу 2.

6 шаг. Экспертная система выполняет проверку корректности полученных оценок рейтингов $R_{i, n}$ по критерию Пирсона и рассчитывает коэффициент корреляции $R(X, Y)$ нормированных значений преобразованных рейтингов $R_{i, n}$ по значениям табл. 3 (планы А и В).

$$R(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - a_x)(y_i - a_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - a_x)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - a_y)^2}}$$

где x_i – нормированные значения преобразованных рейтингов $R_{i, n}$ из плана А, y_i – нормированные значения преобразованных рейтингов $R_{i, n}$ из

плана В, a_x – среднее арифметическое рейтингов $R_{i, n}$ из плана А, a_y – среднее арифметическое рейтингов $R_{i, n}$ из плана В, n – число свойств, характеризующих проектируемый компонент.

Таблица 2 – Нормированные значения преобразованных рейтингов $R_{i, n}$ свойств x_i проектируемого элемента объекта

План А, $R_{i, n}^A$	Обработка ответов	План В, $R_{i, n}^B$	Обработка ответов	Среднее из планов А и В $R_{i, n}^{AB}$
$R_{1, 13}$	1,000	$R_{1, 13}$	1,000	1,000
$R_{2, 13}$	1,000	$R_{2, 13}$	0,909	0,955
$R_{3, 13}$	0,889	$R_{3, 13}$	0,818	0,854
$R_{4, 13}$	0,889	$R_{4, 13}$	0,727	0,808
$R_{5, 13}$	0,778	$R_{5, 13}$	0,636	0,707
$R_{6, 13}$	0,778	$R_{6, 13}$	0,636	0,707
$R_{7, 13}$	0,222	$R_{7, 13}$	0,364	0,293
$R_{8, 13}$	0,222	$R_{8, 13}$	0,364	0,293
$R_{9, 13}$	0,111	$R_{9, 13}$	0,273	0,192
$R_{10, 13}$	0,111	$R_{10, 13}$	0,273	0,192
$R_{11, 13}$	0,000	$R_{11, 13}$	0,182	0,091
$R_{12, 13}$	0,000	$R_{12, 13}$	0,091	0,045
$R_{13, 13}$	0,000	$R_{13, 13}$	0,000	0,000

Если коэффициент корреляции $R(X, Y) \geq r_k$, где r_k – критическое значение коэффициента Пирсона для заданного уровня доверительной вероятности, т. е. значим, экспертная система вычисляет среднее значение рейтингов $R_{i, n}^{AB}$ для планов А и В: $R_{i, n}^{AB} = (R_{i, n}^A + R_{i, n}^B) / 2$.

Если коэффициент корреляции $R(X, Y) < r_k$, т. е. незначим, экспертная система предлагает разработчику повторить процедуру опроса.

В дальнейшем экспертная система будет понимать $R_{i, n}^{AB}$, как $R_{i, n}$.

7 шаг. Экспертная система рассчитывает собственно коэффициенты влияния свойств, характеризующих проектируемый элемент объекта космической техники, $k_i, i=1 \dots n$.

Параметры для расчета по умолчанию:

– $\alpha = 0,05$ (5%) – относительный уровень значимости наименее значимого свойства (последнего в ряду ранжированных свойств),

– $M = 10$ (максимальное значение ранговой 10-ти балльной шкалы).

Экспертная система рассчитывает масштабный коэффициент λ :

$$\lambda = M / (n \cdot \alpha + R_{1, n} + R_{2, n} + \dots + R_{n-1, n})$$

Коэффициенты влияния $k_i, i=1 \dots n$ определяются системой по формуле: $k_i = \lambda (R_{i, n} + \alpha)$

Литература

1. Метод альтернатив как эффективный механизм повышения достоверности экспертных оценок / П. С. Серенков [и др.] // Метрология и приборостроение. –2011. – № 6. – С. 31–39.