

Н.М. Мхитарян, д-р техн. наук, Г.В. Бадеян канд. техн. наук, А.В. Безух, Е.В. Джурик

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Предлагается система ранжированных оценочных показателей, процедура отбора экспертов, методика обработки и представления результатов экспертного оценивания

Постановка задачи. Сложность строительных технологических систем и разнокачественность их характеристик ограничивает использование аналитических методов оценки эффективности, что обуславливает широкое использование аналитико-эвристического метода экспертного опроса. Неаддитивность таких систем обуславливает необходимость изменения процедур определения оценочных показателей и их ранжирования, отбора экспертов, обработки результатов, а также формы их представления. Соответствующие предложения рассматриваются в данной публикации.

Методы исследования включают системно-структурный анализ, математическую статистику, экспертные оценки.

Выбор репрезентативных оценочных показателей. Построение системы показателей должно базироваться на следующих постулатах.

Положение 1. Система в целом и составляющие ее компоненты оцениваются специфическими наборами качественно различных показателей.

Это положение является следствием неаддитивности. Для его реализации необходимо, чтобы количество баллов, которыми оценивается объект более высокого уровня, всегда превосходило сумму баллов, которыми оцениваются объекты последующих уровней. Например, если ТС МКВЖС в целом оценена в 100 баллов, то суммарная оценка технологической, организационной и прочих составляющих не может превосходить 99 баллов.

Положение 2. Показатели подсистем более высокого уровня могут использоваться для оценивания составляющих их компонентов; наоборот, показатели подсистем низших уровней неприменимы для оценки подсистем, в состав которых они входят.

Это положение – следствие целостности системы. Так, если показателем системы является экономическая эффективность, то его можно применить для оценки конкретных рабочих операций; в то время показатель квалификации рабочих при выполнении той или иной операции нельзя распространять на оценку системы в целом.

Положение 3. Количество единичных показателей на каждом из уровней организации рассчитывается по формуле:

$$П = \sum_{i=1}^N a_i v_i, \quad (1)$$

где N – количество компонентов уровня;

v_i – количество внешних связей компонента a_i .

Положение 4. Помимо единичных показателей, система оценивается совокупностью групповых показателей уровней и интегральным показателем для системы в целом.

Например, технологическая система монолитного каркасного высотного жилищного домостроения включает 7 уровней, не сводимых друг к другу и отличающихся по своему вкладу в обеспечение функциональности системы [1].

Предлагается следующий набор групповых показателей:

- для уровня 1 – *адаптивность* (мера соответствия внешним требованиям);

- для уровня 2 – *эффективность* (степень соответствия целевой функции);
- для уровня 3 – *управляемость* (степень организованности);
- для уровня 4 – *технологичность* (в соответствии с определением 2.1);
- для уровня 5 – *качество* (обеспеченность соответствия продукции нормативным требованиям);
- для уровня 6 – *производительность* (реальный объем выпуска продукции в единицу времени);
- для уровня 7 – *квалификация* (реальная реализация умений с учетом дисциплины, состояния здоровья и т.п.).

Ранжирование показателей. Связь интегрального и групповых показателей, а также групповых и единичных показателей не является аддитивной и определяется по формуле:

$$P_i = \alpha_i \sum_{j=1}^{M_i} p_{ij}, \quad (2)$$

где P_i – групповой показатель уровня i ;

p_{ij} – единичный j -тый показатель из общего их количества M_i ;

α_i – коэффициент, определяющий, насколько групповой показатель важнее суммы единичных показателей.

Значения в баллах интегрального, групповых и единичных показателей, а также коэффициентов α , определяются экспертами.

Отбор экспертов основывается на положениях 5 и 6.

Положение 5. Для оценки показателей каждого из уровней подбирается независимая группа экспертов, соответствующая ему по уровню квалификации.

Репрезентативность результатов зависит от количества привлекаемых для опроса специалистов и их компетентности, а также креативности, конформизма, конструктивности, аналитичности и широты мышления, самокритичности. Смысл последних четырех условий ясен, подробнее остановимся на первых трех.

Под *компетентностью* понимают степень экспертов квалификации в определенной области знаний. Количественно компетентность оценивается коэффициентом K , вычисляемым на основе суждения экспертов о степени своей информированности по решаемой проблеме по формуле:

$$K = 0,5 (K_u + K_a), 0 \leq K \leq 1, \quad (3)$$

где K_u – коэффициент информированности эксперта, определяемый на основе самооценки по балльной шкале;

K_a – коэффициент аргументации самооценки, представляющий сумму баллов по эталонной таблице.

Относительные коэффициенты компетентности могут быть определены в результате многоступенчатой процедуры с использованием алгоритма решения задачи о лидере.

Креативностью экспертов называют их способность к решению творческих задач. Эта характеристика не поддается количественной оценке.

Свойство *конформизма*, определяющее подверженность экспертов влиянию авторитета, наиболее негативно сказывается на результатах экспертного оценивания при проведении открытых дискуссий. Оно также не поддается количественной оценке. Для нейтрализации конформизма экспертов в ряде случаев следует прибегать к процедуре независимой оценки.

Положение 6. Необходимо подбирать экспертов с коэффициентом компетентности, близким к единице, высоким уровнем креативности, конструктивности, аналитичности и широты мышления, самокритичности и низким уровнем конформизма.

Проведение опроса. Перед проведением опроса эксперты каждой из групп уточняют число единичных оценочных показателей и их смысл, смысл группового показателя, определяют коэффициент α , договариваются о применяемой шкале оценок. Рекомендуется использовать пятибалльную шкалу.

Оценка производится каждым экспертом группы независимо, отдельно для единичных и групповых показателей. При этом выполняется ранжирование и непосредственная оценка показателей. Обоснование выставленных оценок не приводится.

В ходе оценивания заполняется протокол, служащий основанием для обработки полученных данных.

При отслеживании динамики изменений системы частота проведения опросов составляет один раз в шесть месяцев; при заведомо быстром изменении какого-либо показателя она увеличивается.

Обработка результатов опроса имеет решающее значение для обеспечения достоверности результатов экспертного оценивания. Стандартный алгоритм обработки уточняется следующим образом.

Если экспертное оценивание произведено n экспертами по M показателям, то результатами оценки будут величины X_{ij} , где i – порядковый номер эксперта, j – порядковый номер показателя для сравнения. В тех случаях, когда экспертное оценивание производят методом ранжирования, величины X_{ij} представляют собой ранги оцениваемых объектов. Если экспертное оценивание производится методом непосредственной оценки, то X_{ij} – баллы, которыми оценены сравниваемые объекты.

Оценки, данные экспертами для каждого из уровней, рассматриваются как случайные величины, образующие выборки из n элементов для каждого из показателей. Для каждой из выборок рассчитывается математическое ожидание:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^M q_j k_j x_i, \quad (4)$$

где q_j – коэффициенты весов показателей, определенные в соответствии с их рангами, причем:

$$\sum_{j=1}^M q_j = 1, \quad (5)$$

K_i – коэффициенты компетентности экспертов.

Коэффициенты компетентности экспертов, предварительно определенные согласно (3), уточняют по апостериорным данным в зависимости от степени согласованности их индивидуальных оценок с групповыми. Алгоритм вычисления коэффициентов компетентности экспертов имеет вид рекуррентной процедуры:

$$X_j^t = \sum_{i=1}^n X_{ij} K_i^{t-1} \quad (6)$$

$$\lambda = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^n X_{ij} X_j^t, \quad (t=1, 2, \dots) \quad (7)$$

$$K_i^t = \left(\sum_{j=1}^M X_{ij} X_j^t \right) \frac{1}{\lambda^t} \sum_{i=1}^n K_i^{t-1} = 1, \quad (8)$$

где n – количество экспертов;
 M – количество оценок объектов;
 X_{ij} – результаты оценки;
 K_i – коэффициент компетентности i -го эксперта;
 i – порядковый номер эксперта;
 j – порядковый номер оценки.

Начальные значения коэффициентов компетентности экспертов принимают K_i^0 согласно (3), а суммарные оценки в первом приближении определяют как средние арифметические значения индивидуальных оценок экспертов:

$$X_j^1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (9)$$

Определив значения λ из выражения

$$\lambda^1 = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^n X_{ij} X_j^1 \quad (10)$$

вычисляют значения коэффициентов компетентности в первом приближении:

$$K_i^1 = \left(\sum_{j=1}^M X_{ij} X_j^1 \right) \frac{1}{\lambda} \quad (11)$$

В случае необходимости можно путем многократного повторения процедуры вычисления получить значения коэффициентов $K_i^1, K_i^2, \dots, K_i^p$.

Далее, при необходимости, вычисляются: выборочная дисперсия и среднее квадратическое отклонение, которые используются для проведения дисперсионного анализа и сравнения математических ожиданий с целью выявления влияния на оценки какого-либо постороннего фактора.

При анализе временных рядов изменения показателей системы сравниваются результаты опросов, проведенных в течение исследуемого периода.

Представление результатов обработки и их анализ. Для наглядного изображения полученных данных удобно использовать диаграммы. Использование диаграмм позволяет быстро определить:

- «узкие места» организации (оценки ниже указанного экспертами уровня);
- вклад конкретного показателя в образование «узкого места» (соотношение с другими единичными показателями группы с учетом весов);
- указать уровень, где необходима оптимизация (низкая групповая оценка);
- подсказать примерное направления мероприятий по совершенствованию системы (организация или технология).

Таким образом, анализ результатов экспертного опроса является неотъемлемой частью стратегии оптимизации технологических систем [1, 2].

Список литературы

1. Бадеян Г.В. Технологічні основи зведення монолітних залізобетонних каркасів у висотному житловому будівництві. Автореферат дис. ... д-ра техн. наук:05.23.08 /КНУБА.-К., 2000.-32 с.
2. Бадеян Г.В., Ковалев Ю.Н., Плоский В.А. Графоаналитическая модель технологической системы монолитного высотного жилищного строительства //Прикл. геометрія та інж. графіка. – К.:КНУБА, 2000. – Вип.68. – С.67-73