

DOI:
**МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО СИНТЕЗА ЭФФЕКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ
ИЗДЕЛИЯ С МНОГОУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРОЙ ПО НЕРАВНОВАЖНЫМ
ПОКАЗАТЕЛЯМ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В РАЗЛИЧНЫХ ШКАЛАХ ИЗМЕРЕНИЯ**

Корнеев В.П.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия,
г. Москва, ул. Профсоюзная д.65*

vkorn@ipu.ru

Аннотация: Предложена методика многокритериального синтеза эффективной структуры изделия с многоуровневой структурой по неравноважным показателям, представленных в различных шкалах измерения. Основные методы на различных этапах решения задачи многокритериального синтеза эффективной структуры включают: методы построения результирующих шкал, обеспечивающие корректность агрегирования оценок вариантов синтеза; методы выбора результирующего ранжирования вариантов (объектов) и оценки согласованности мнений экспертов относительно медианы Кемени в ранговой шкале измерения объектов; методы формирования количественных весов важности критериев, а также механизмы агрегирования и формирования обобщённых оценок вариантов синтеза.

Ключевые слова: многокритериальный синтез, шкала измерения, результирующая шкала, важность критериев, многоуровневость.

Введение

В настоящее время многими исследователями большое внимание уделяется аналитическим методам многокритериальным задачам выбора и оценки эффективности объектов в различных сферах деятельности государства и общества.

В качестве различных прикладных задач, которые по своей постановке относятся к многокритериальным задачам выбора оценивания, можно привести следующие: в области управленческой деятельности – задача оценки и построения рейтингов эффективности деятельности коллективов и исполнителей (управленцев) в многоуровневых организационных системах, задача оценки финансово-экономической деятельности по управлению крупными корпорациями; в социально-экономических сферах – задача оценки эффективности социально-экономического развития области, региона, страны; в других областях – задача многокритериальной оценки инвестиционных проектов, задача многокритериального синтеза структур сложных (военных, технических, экономических и др.) систем.

Подобный класс задач характеризуется рядом особенностей, к которым относятся *многоуровневость* структуры показателей качества и эффективности объектов, *неравноважность показателей*, *разнотипность* шкал измерения объектов, *неоднородность и нелинейность* областей значений оцениваемых объектов. При этом оказывается, что для корректного решения с учётом выше перечисленных особенностей подобного класса задач применение традиционных методов решения многокритериальных задач оказывается недостаточным [1 - 3].

Задача многокритериального синтеза эффективной структуры изделия с многоуровневой структурой по показателям, представленных в различных шкалах измерения, сводится к последовательности ряда решения частных задач [4]. Рассмотрим положения методики более подробно.

1 Постановка задачи многокритериального синтеза изделия с многоуровневой структурой

Постановку задачи нахождения обобщённых оценок $y_{j_1 \dots j_k}^{(i)} = F_{j_1 \dots j_k}(a_i)$ вариантов (объектов) $a_i \in A$ синтеза изделия в вершинах $F_{j_1 \dots j_k}$ многоуровневой структуры критериев, фрагмент которой представлен на рисунке 1, в результирующей шкале и их упорядочения $a_{i_1} \geq a_{i_2} \geq \dots \geq a_{i_{n_A}}$ представим в виде:

$$F_0(F_{j_1}(F_{j_1 j_2} \dots (F_{j_1 \dots j_{n-1}}(f_{j_1 \dots j_n}(A)))))) \rightarrow \max(\min)_{a_{i_1} \geq a_{i_2} \geq \dots \geq a_{i_{n_A}}}$$

где F_0 – обобщённый показатель, являющийся корневой вершиной на верхнем уровне иерархии;

$F_{j_1 \dots j_k}$ – обобщённый (групповой) показатель на k -ом уровне иерархии, являющийся подвершиной вершины $F_{j_1 \dots j_{k-1}}$ ($k-1$)-го уровня, $k = \overline{1, n-1}$;

$f_{j_1 \dots j_n}$ – конечной показатель на n -ом уровне иерархии.

\max (\min) – указывает направление упорядочения (ранжирования) объектов по возрастающим (убывающим) величинам значений критериев иерархического дерева.

Определение 1. Под иерархическим деревом упорядоченных критериев понимается связный ориентированный граф без циклов с выделенной вершиной (корнем), в котором критерии более низкого уровня упорядочены по убыванию своей значимости и входят иерархически только в одну из вершин более высокого соседнего уровня.

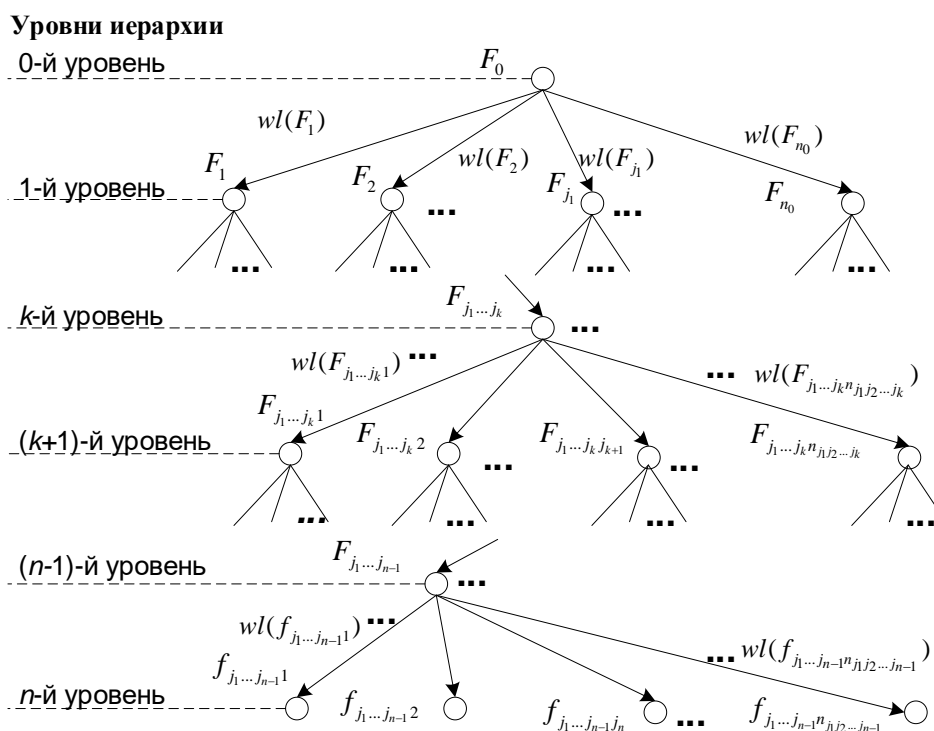


Рис. 1. Фрагмент многоуровневого дерева упорядоченных критериев с учётом весов важности

В определении иерархического дерева входит понятие важности критериев. С позиций теории измерений важность критериев может быть измерена в любом из основных типов шкал [1].

Понятие количественной важности критериев соответствует измерению в количественных типах шкал: отношений, разности и абсолютной шкале.

Определение 2. В шкале отношений критерий f_j будет более важным, чем критерий f_q , если количественный вес $w_j = w(f_j)$ критерия f_j будет превосходить количественный вес $w_q = w(f_q)$ критерия f_q в $w_{jq} = \frac{w_j}{w_q} > 1$ раз, $(f_j \approx_{w_{jq}} f_q \Leftrightarrow w(f_j) > w(f_q))$, и наоборот, менее важен, если

$$(f_j <_{w_{jq}} f_q \Leftrightarrow w(f_j) < w(f_q)),$$

а при $w_{jq} = \frac{w_j}{w_q} = 1$, т. е. равенстве весов критерии равноважны ($f_j \approx f_q \Leftrightarrow w(f_j) = w(f_q)$), где $w(f_j) > 0$, $f_j \in F$.

Важность групповых критериев в иерархических структурах, зависит как от линейно-аддитивных, так и нелинейно-мультипликативных механизмов агрегирования, определяющих вклад отдельных критериев в обобщённый критерий.

Дадим количественное определения важности групповых критериев $F_{j_1 \dots j_k}$ на k -м уровне иерархической структуры (рис. 1), исходя из требования, что подкритерии $F_{j_1 \dots j_k}$ низшего k -го уровня иерархической структуры, входящие в вершины $F_{j_1 \dots j_{k-1}}$ критериев более высокого ($k-1$)-го уровня, должны пропорционально вносить вклад в корневую F_0 вершину нулевого уровня, $k = n-1, \dots, 0$.

Определение 3. Пусть $w_{j_1 \dots j_k} = w(F_{j_1 \dots j_k})$, где $w_{j_1 \dots j_k} > 0$, количественные значения важности $F_{j_1 \dots j_k}$ подкритериев k -го уровня, входящие в вершину $F_{j_1 \dots j_{k-1}}$ критерия $(k-1)$ -го уровня.

Тогда за количественный вес важности $F_{j_1 \dots j_{k-1}}$ критерия на $(k-1)$ -м уровня примем сумму весов важности подкритериев k -го уровня:

$$(1) \quad w(F_{j_1 \dots j_{k-1}}) = \sum_{j_k=1}^{n_{j_1 \dots j_{k-1}}} w(F_{j_1 \dots j_k}),$$

где $n_{j_1 \dots j_{k-1}}$ – число подкритериев $F_{j_1 \dots j_k}$ k -го уровня, входящие в вершину $F_{j_1 \dots j_{k-1}}$ критерия $(k-1)$ -го уровня.

Количественный вес важности $F_{j_1 \dots j_{n-1}}$ группового критерия на $(n-1)$ -м уровня есть сумма весов важности конечных $f_{j_1 \dots j_n}$ подкритериев n -го (нижнего) уровня:

$$w(F_{j_1 \dots j_{n-1}}) = \sum_{j_n=1}^{n_{j_1 \dots j_{n-1}}} w(f_{j_1 \dots j_n}),$$

где $n_{j_1 \dots j_{n-1}}$ – число подкритериев $f_{j_1 \dots j_n}$ n -го уровня, входящих в вершину $F_{j_1 \dots j_{n-1}}$ критерия n -го уровня.

Количественный вес важности критерия $F_{j_1 \dots j_{k-1}}$ на $(k-1)$ -м уровня, вычисляемый по формуле (1), можно определить через сумму весов важности конечных критериев n -го уровня, для которых вершина $F_{j_1 \dots j_{k-1}}$ будет корневой:

$$w(F_{j_1 \dots j_{k-1}}) = \sum_{j_k=1}^{n_{j_1 \dots j_{k-1}}} \dots \sum_{j_{n-1}=1}^{n_{j_1 \dots j_{n-2}}} \sum_{j_n=1}^{n_{j_1 \dots j_{n-1}}} w(f_{j_1 \dots j_n}),$$

а количественный вес важности F_0 корневого критерия на высшем уровне иерархического дерева упорядоченных критериев будет равен сумме всех конечных критериев нижнего уровня:

$$w(F_0) = \sum_{j_1=1}^{n_0} \sum_{j_2=1}^{n_{j_1}} \dots \sum_{j_{n-1}=1}^{n_{j_1 \dots j_{n-2}}} \sum_{j_n=1}^{n_{j_1 \dots j_{n-1}}} w(f_{j_1 \dots j_n}).$$

Агрегирование оценок по глобальному критерию выполняется, как правило, несколькими механизмами агрегирования. В зависимости от постановки многокритериальной задачи оценивания, можно рекомендовать следующие механизмы агрегирования: интегрально-локальные методы агрегирования оценок вариантов с иерархической структурой критериев;

- эталонные методы агрегирования и оценивания вариантов в вершинах иерархического дерева;
- продукционные методы агрегирования и оценивания вариантов в вершинах иерархического дерева.

Результатом данного этапа методологии являются обобщённые оценки вариантов по упорядоченным критериям качества и эффективности в вершинах иерархического дерева. В случае, если обобщённые (агрегированные) оценки вариантов представлены в порядковой (балльной) канонической шкале, то они сравнимы в шкале разности, а если в количественной, то в шкале отношений.

2 Этапы методики многокритериального синтеза

Этап 1. Формализация (моделирование) предметной области оцениваемых объектов. Результатом моделирования является комплекс моделей: структурно-функциональные модели (деятельности), информационно-поточные, экономико-математические, включающие систему показателей и ограничения (ресурсные, денежные, логические, временные и др.).

Этап 2. Постановка поэтапно решаемых подзадач многокритериального оценивания объектов на комплексе моделей выбора.

В соответствии с декомпозицией, постановка задачи многокритериального оценивания качества и эффективности объектов включает в себя математическую постановку подзадач на соответствующих формализованных моделях выбора с мультипредпочтением, а именно: выбора метода формирования количественных весов важности критериев, метода построения шкал измерения и оценивания объектов в результирующих шкалах, выбора механизмов агрегирования и др. изменения исходных данных (пределов их изменения).

Этап 3. Разработка многоуровневой иерархической структуры критериев оценки эффективности объектов и их упорядочение по убыванию важности. Результатом данного этапа является

иерархическое дерево показателей, упорядоченных по убыванию важности (значимости) на каждом уровне иерархии.

Этап 4. Экспертное оценивание критериев по предпочтительности в шкале отношений и формирование локальных и глобальных весов критериев иерархического дерева. Результатом данного этапа являются локальные и глобальные коэффициенты важности критериев на каждом уровне иерархии.

Этап 5. Измерение объектов в исходных шкалах по конечным вершинам иерархического дерева упорядоченных критериев. Результатом этапа являются оценки объектов в качественных и количественных шкалах по частным показателям (критериям).

Этап 6. Построение результирующих шкал для оценок объектов на разных уровнях иерархического дерева упорядоченных критериев. Результатом этапа являются оценки объектов в результирующих шкалах по упорядоченным критериям качества и эффективности в вершинах иерархического дерева.

Этап 7. Построение обобщённых оценок объектов в вершинах многоуровневой структуры критериев и их упорядочение. Результатом данного этапа являются обобщённые оценки объектов в результирующих однотипных шкалах по частным показателям.

Этап 8. Метаагрегирование и анализ устойчивости результатов многокритериального выбора при варьировании исходных данных. На данном этапе исследуется устойчивость результатов многокритериального оценивания, а в результате метаагрегирования приходим к окончательному результату.

Заключение

Данная методика позволяет решать задачи многокритериального синтеза эффективной структуры изделий с многоуровневой структурой, характеризующиеся рядом особенностей, к которым относятся многоуровневость структуры показателей качества и эффективности объектов, неравноважность показателей, разнотипность шкал измерения объектов, неоднородность и нелинейность областей значений оцениваемых объектов.

Литература

1. *Steuer R.E.* Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application. John Wiley & Sons, New York, 1986. – 546 p.
2. *Fishburn P.C.* Nonlinear preference and utility theory. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1988.
3. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высш. школа, 2004. – 616 с.
4. *Корнеев В.П.* Методы многокритериального оценивания объектов с многоуровневой структурой показателей эффективности: монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 292 с.