



ОТКРЫТАЯ НАУКА
издательство

Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.02

МЕТОД ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С АДАПТИВНЫМ СОГЛАСОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНЫХ ДАННЫХ

Балашов О.В., Кондратова Н.В.

Смоленский филиал Российского университета кооперации, Россия (214018, г. Смоленск, пр. Гагарина, 58); e-mail: smolensk@rucoop.ru

Предлагается метод, предназначенный для решения задачи принятия решений в условиях неопределённости, причиной возникновения которой является нечёткость представления информации, а источником – недостаточная степень уверенности лица, принимающего решения (ЛПР) в правильности исходных данных, полученных от экспертов. Под принятием решения подразумевается целевой выбор на множестве альтернатив. Альтернативы описываются с помощью наиболее существенных свойств, характеризующихся количественными или качественными значениями показателей.

Ключевые слова: принятие решений в условиях неопределенности, метод поддержки принятия решений.

DECISION-MAKING METHOD WITH THE ADAPTIVE COORDINATION OF EXPERT DATA

Balashov O.V., Kondratova N.V.

Smolensk branch of the Russian university of cooperation, Smolensk, Russia (214018, Smolensk, Gagarin ave., 58); e-mail: smolensk@rucoop.ru

The method intended for the decision of the task of decision-making in the conditions of uncertainty is offered. Unsharpness of information representation is an origin of uncertainty. The insufficient level of confidence of the decision maker in correctness of the basic data obtained from experts is considered by a source of uncertainty. Decision-making is meant as a target choice on a set of alternatives. Alternatives are described by means of the most essential properties which are characterized by the quantitative or qualitative measure values.

Key words: decision-making in the conditions of uncertainty, a decision-making support method.

Процесс принятия решений в организационно-технических системах, как правило, выполняется с использованием информационно-расчетных задач и моделей. Это сложные многоэтапные комбинированные модели, состоящие из автоматических, автоматизированных и ручных процедур. Автоматизация процесса управления невозможна без автоматизации входящего в него процесса принятия решений. В зависимости от степени охвата техническими устройствами процедур, выполняемых людьми, можно судить о степени автоматизации этих процессов.

Известно, что в организационных системах, очень трудно оценить качество принятых решений из-за большого субъективизма целевой направленности действий ЛПР, или, тем более, коллективов людей. Принятые в таких системах решения часто основываются на личном опыте ЛПР и его субъективном мнении, формирующем необъяснимую даже им самим систему предпочтений. Такие решения могут проверить и оценить только эксперты, имеющие богатый опыт работы в предметной области решаемой задачи. Как вывод, оценка качества принятых решений в организационно-технических системах крайне субъективна.

При принятии решений задается множество альтернатив, каждая из которых описывается через значения выбранных показателей. На основе сравнительных экспертных оценок показателей альтернатив, представленных в виде нечёткого лингвистического отношения предпочтений на базе конечного, линейно упорядоченного множества – набора лингвистических значений свойств альтернатив, например, таких, как: «не предпочтительно», «не намного предпочтительнее», «намного предпочтительнее», «не сравнимо предпочтительнее», необходимо решить задачу выбора наиболее предпочтительной альтернативы при недопустимом уровне несогласованности экспертных оценок.

В том случае, когда все альтернативы могут быть описаны через выбранные показатели свойств, а сами показатели могут быть сравнимы между собой и объединены в комплексный показатель, задача выбора наиболее предпочтительной альтернативы решается на основе построенной иерархической древовидной структуры системы показателей методами ELECTRE [1] или с использованием многомерной функции полезности [2].

Однако на практике при принятии решений, на этапе построения модели системы предпочтений, у экспертов возникают затруднения в сравнении показателей свойств между собой, а также при сравнении альтернатив по каждому из показателей из-за нечёткой формы представления знаний и неуверенности экспертов в своих суждениях. Переход от логико-лингвистической шкалы отношений и полученных на её основе качественных характеристик к количественным оценкам, представляющим собой отношения предпочтения рассматриваемых свойств альтернатив, выполняется на основе переходной шкалы (таблица 1) [3, 4].

Таблица 1 – Переходная таблица

Значение показателя отношения предпочтения	Значение лингвистической переменной по логико-лингвистической шкале (ЛЛШ)
1	Одинаково предпочтительны
3	Ненамного предпочтительнее
5	Существенно предпочтительнее
7	Значительно предпочтительнее
9	Несравненно предпочтительнее
2,4,6,8	Промежуточные величины

Однако переход из одной шкалы измерения и другую приводит к появлению дополнительных ошибок. Кроме того, в системе экспертных данных уже существует другой вид ошибок. Эти ошибки вызваны несогласованностью экспертных оценок. Такая несогласованность возникает:

- во-первых, при недостаточной степени уверенности эксперта в правильности сравнительных оценок альтернатив по каждому из показателей в отдельности (несогласованность оценок по одному показателю);

- во-вторых, при недостаточной степени уверенности эксперта в правильности сравнительных оценок самих показателей (несогласованность оценок по нескольким показателям при согласованности всех экспертных оценок по каждому из них);

- в-третьих, при одновременной недостаточной степени уверенности эксперта в правильности своих оценок как при сравнении показателей между собой, так и при сравнении альтернатив по каждому из показателей.

При допустимом (субъективно определяемом) уровне несогласованности экспертные оценки могут использоваться для определения численных значений коэффициентов важности (рангов) показателей свойств и сравнения альтернатив по выбранным показателям. При превышении допустимого уровня несогласованности оценок ставится под сомнение достоверность результатов выбора наиболее предпочтительной альтернативы, а, следовательно, и надежность принятого решения.

Физическая интерпретация предложенного способа заключается в том, что при выполнении условий связности и транзитивности все оценки должны быть связаны между собой. Эта связь особенно наглядно проявляется в том случае, когда экспертные оценки получены при парном сравнении рассматриваемых показателей свойств методом отношений. В этом случае по численным значениям оценок только одной строки матрицы парных сравнений могут быть найдены все остальные значения оценок.

Способ коррекции несогласованных экспертных данных использует результаты, полученные методом определения доли относительной интенсивности альтернатив (или отношений) и состоит из следующих процедур:

- преобразование экспертных оценок, полученных в виде численных значений функции принадлежности, в оценки функции отношения предпочтения при парном выражении предпочтения как доли относительной интенсивности (шкала отношений предпочтения);

- определение рангов показателей свойств как доли суммарной интенсивности всех оценок по каждому; из свойств в интегральной оценке всех свойств (нормированная интервальная шкала оценок);

- обратное преобразование интервальных оценок в согласованные оценки по шкале отношений и заполнение полученными данными обратно симметричной матрицы отношений предпочтений.

Основное содержание способа коррекции данных состоит в преобразовании экспертных оценок, полученных в виде функции принадлежности $\mu_R(d_k, d_f)$ в оценки функции отношения предпочтения W_{kf} .

$$W_{kf} = W(d_k, d_f) = \frac{\mu_R(d_k, d_f)}{\mu_R(d_f, d_k)}. \quad (1)$$

и представлении их в виде отношения предпочтения сравниваемых показателей a, b, c, d, объединенных в обратно симметричную матрицу.

$$N = \begin{pmatrix} 1 & W_{12} & W_{13} & W_{14} \\ W_{21} & 1 & W_{23} & W_{24} \\ W_{31} & W_{32} & 1 & W_{34} \\ W_{41} & W_{42} & W_{43} & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{a}{b} & \frac{a}{c} & \frac{a}{d} \\ \frac{b}{a} & 1 & \frac{b}{c} & \frac{b}{d} \\ \frac{c}{a} & \frac{c}{b} & 1 & \frac{c}{d} \\ \frac{d}{a} & \frac{d}{b} & \frac{d}{c} & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Представление оценок в виде отношений позволяет отказаться от применения процедур булевой алгебры и перейти к альтернативным способам корректировки данных, основанным на методе отношений и методе определения наибольшего собственного значения матрицы отношений. Комплексное использование этих методов для решения поставленной задачи коррекции экспертных оценок позволяет заменить математическую модель последовательной проверки на транзитивность отношении между выбранной оценкой и всеми парами связанных с ней оценок моделью параллельной проверки на транзитивность отношения между выбранной оценкой и всеми связанными с ней оценками.

Численные значения самих показателей a, b, c, d неизвестны. Однако, применяя процедуру отыскания рангов показателей свойств объекта, предложенную в работе [4], доля суммарной интенсивности каждого из свойств определяется по формуле

$$\lambda_j = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n W_{fi}} \times \frac{1}{\sum_{j=1}^n \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n W_{ji}}} \quad (3)$$

Для перехода от интервальной шкалы оценок к шкале отношений рассчитываются уточненные значения оценок

$$W_{kf}^* = \frac{\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n W_{ki}}}{\sum_{j=1}^n \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n W_{ji}}} + \frac{\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n W_{fi}}}{\sum_{j=1}^n \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n W_{ji}}} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \frac{W_{ki}}{W_{fi}}} = \frac{\lambda_k}{\lambda_f}, \quad (4)$$

где $k, f = \overline{1, n}$.

Полученные значения заносятся в массив экспертных оценок, представленный в виде обратно симметричной матрицы отношений предпочтения.

Критерием согласованности суждений, по Саати и Кернсу [4], при принятии решений методом анализа иерархий (МАИ) является принадлежность численного значения показателя «отношение согласованности» OS [4] всех экспертных оценок, образующих обратно симметричную матрицу N (2), к заданному интервалу $[0; OS_{don}]$, где OS_{don} – значение допустимого верхнего уровня несогласованности.

В противном случае экспертные оценки считаются настолько несогласованными, что по ним не рекомендуется находить коэффициенты важности показателей свойств альтернатив.

Предлагаемый иерархический метод принятия решений с адаптивным согласованием экспертных данных позволяет повысить согласованность экспертных данных на этапе определения рангов показателей свойств альтернатив и самих альтернатив по каждому из свойств.

Метод включает:

1. Процедуру представления системы показателей в виде иерархической древовидной-структуры – графа;

2. Модернизированный способ определения оценки согласованности исходных данных, записанных в обратно симметричную матрицу отношений, разработанный Саати Т. Л. и подробно описанный в [4];

3. Предлагаемый способ оценки степени несогласованности сгруппированных в строки данных обратно симметричной матрицы оценок отношения предпочтения;

4. Новый алгоритм согласования и коррекции исходных данных, заключающийся в отыскании свойств альтернатив с наиболее согласованными и наименее согласованными данными и уточнении исходных данных той строки, у которой согласованность данных «наихудшая» на основе данных строки с «наилучшей» согласованностью.

Процедура представления системы показателей в виде графа, как и в методе анализа иерархий, заключается в разбиении показателей на группы и подгруппы в зависимости от уровня иерархии структуры модели системы предпочтений. После завершения разбиения определяются взаимосвязи между показателями на созданных уровнях структуры и моделируется взаимовлияние показателей в соответствии с базовыми стратегиями принятия решения: линейной (компенсационной); альтернативной; конъюнктивной [5] или основанной на базовых стратегиях – конфигурационной стратегии, представляющей собой их комбинацию.

Способ определения оценки степени согласованности данных, записанных в матрицу N , заключается в расчете отношения согласованности OS всех исходных данных одновременно по всем показателям свойств альтернатив и сравнении численного значения OS со значением допустимого уровня согласованности исходных данных $OS_{дон}$. В том случае, когда значение OS превосходит заданный ЛПР уровень несогласованности экспертных оценок $OS_{дон}$, подключается алгоритм согласования и коррекции исходных данных. В противном случае алгоритм не подключается.

Особенностью решаемой задачи является то, что ЛПР в принудительном порядке может понижать уровень несогласованности в зависимости от предъявляемых требований к точности результатов решения.

Наиболее жестким требованием к согласованности экспертных оценок является задание ЛПР допустимого уровня несогласованности, равным нулевому значению. При этом условии все экспертные оценки должны быть согласованы между собой и получено транзитивное замыкание отношения нечеткого предпочтения на множестве несогласованных экспертных данных.

Способ оценки степени несогласованности исходных данных по каждому из рассматриваемых свойств объекта по механизму его реализации аналогичен способу,

предложенному Саати Т.Л., для оценки степени согласованности исходных данных, представленных в виде обратно симметричной матрицы \mathbf{N} (2).

Алгоритм, предложенный Саати Т.Л., дополнен процедурами, реализующими способ автоматической коррекции исходных данных и совместно с дополнительными шагами представляет собой модернизированный алгоритм расчета коэффициентов важности свойств альтернатив, реализующий способ автоматической коррекции исходных данных. Алгоритм позволяет согласовывать и уточнять данные без повторного привлечения экспертов к этому процессу.

Алгоритм расчета коэффициентов важности свойств альтернатив, реализующий способ адаптивного согласования исходных экспертных данных состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Ввод исходных данных

Шаг 2. Построение обратносимметричной матрицы \mathbf{N} (NU).

Шаг 3. Определение показателя отношения согласованности (OS).

Шаг 4. Проверка условия $OS \leq OS_{don}$, если Да, то расчёт коэффициентов важности свойств альтернатив, если Нет, то переход к выполнению дополнительных процедур, к шагу 5.

Модернизированный алгоритм, помимо процедур разработанных Т. Саати, включает следующие дополнительные шаги.

Шаг 5. Расчет модуля значений показателей отношения несогласованности

$$OR = |NOR| = \sqrt{[NOR]^2} \quad (5)$$

Шаг 6. Определение столбцов (строк) матрицы \mathbf{N} с наибольшим и с наименьшим численным значением показателя $OR_{ij}(\max)$ и $OR_{ij}(\min)$

$$OR_{ij}(\max) = \max(OR_i(\max); OR_j(\max));$$

$$OR_{ij}(\min) = \min(OR_i(\min); OR_j(\min)).$$

Шаг 7. Уточнение исходных данных в строке матрицы \mathbf{N} , соответствующих показателю с наибольшим значением $OR_{ij}(\max)$ на основе расчёта их новых численных значений по экспертным оценкам столбца (строки) с наименьшим значением $OR_{ij}(\min)$. Переход к шагу 1.

Основное содержание способа уточнения исходных данных, представляющих собой субъективные (экспертные) оценки состоит в обратном представлении этих оценок W_{ij} в виде отношения предпочтения сравниваемых показателей a, b, \dots, x . Численные значения самих показателей a, b, c, d, \dots, x не-известны. Однако, зная численные значения одного из столбцов или одной из строк, можно определить численные значения оставшихся экспертных данных из матрицы \mathbf{N} методом отношений.

В качестве примера рассматривается матрица \mathbf{N} (2). Пусть отношение несогласованности первого столбца матрицы \mathbf{N} OR_1 имеет наименьшее значение из всех полученных оценок, а OR_2 – наибольшее численное значение. Скорректируем экспертные оценки второй строки на основе данных, расположенных в первой строке матрицы \mathbf{N} . Так как W_{12} и W_{21} согласованы,

то необходимо получить только значения W_{23} и W_{24} . По известным значениям W_{12} и W_{13} определяется новое численное значение W_{23} , а по W_{12} и $W_{14} - W_{24}$

$$W_{23} = \frac{W_{13}}{W_{12}}, W_{24} = \frac{W_{14}}{W_{12}}.$$

Полученные значения данных записываются в матрицу скорректированных значений NU . Далее оценивается согласованность данных матрицы NU : получение нового значения отношения согласованности OS^* и его сравнение со значением OS_{don} .

При выполнении условия $OS^* < OS_{don}$ осуществляется переход к шагу расчета коэффициентов важности свойств альтернатив, при невыполнении этого условия процедуры алгоритма повторяются.

В результате применения алгоритма достигается уровень согласованности исходных данных, соответствующий требуемому (допустимому) уровню, при котором возможно определение коэффициентов важности показателей свойств альтернатив и численных значений приоритетов (рангов) и в дальнейшем – сравнение альтернатив по выбранным показателям.

После уточнения исходных данных задача принятия решений и выбора решается с требуемой точностью, а достоверность результатов выбора и надежность принятого решения с улучшением согласованности повышаются.

Метод принятия решений с адаптивным согласованием данных в соответствии с областью его применения может быть классифицирован как один из методов анализа иерархий и может использоваться на этапах подготовки и принятия решений в условиях неопределенности.

Список литературы

1. Руа Б. Классификация и выбор при наличии нескольких критериев (метод ЭЛЕКТРА) /Пер. с фр. //Вопросы анализа и процедуры принятия решений. –М: Мир, 1976.
2. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. – М: Прогресс, 1979.
3. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархии. – М: Радио и связь, 1993.
4. Саати Т. Л., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М: Радио и связь, 1991.
5. Кондратова Н.В., Балашов О.В. Теория возможностей и её применение для принятия решений в социально-экономических системах: Монография. – Смоленск: Изд-во СФ РУК, 2011.

References

1. Rua B. Klassifikacija i izbor pri nalichii neskol'kih kriteriev (metod JeLEKTRA) /Per. s fr. //Voprosy analiza i procedury prinjatija reshenij. –M: Mir, 1976.
 2. Kozeleckij Ju. Psihologicheskaja teorija reshenij. – M: Progress, 1979.
 3. Saati T. L. Prinjatie reshenij. Metod analiza ierarhii. – M: Radio i svjaz', 1993.
 4. Saati T. L., Kerns K. Analiticheskoe planirovanie. Organizacija sistem. – M: Radio i svjaz', 1991.
 5. Kondratova N.V., Balashov O.V. Teorija vozmozhnostej i ejo primenenie dlja prinjatija reshenij v social'no-jekonomicheskikh sistemah: Monografija. – Smolensk: Izd-vo SF RUK, 2011.
-