

**Soloviev Victor Vladimirovich**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: soloviev-tti@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371689.

УДК 681.518

**Е.В. Заргарян, А.Р. Салпагарова**

### **МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОГО ПОПАРНОГО СРАВНЕНИЯ**

*Рассматривается постановка задачи принятия решения при задании критериев эффективности функционирования объекта и параметров задачи в условиях неопределенности в виде нечетких переменных. Определены варианты многоатрибутного принятия решения.*

*Попарно; нечеткое сравнение.*

**E.V. Zargarjan, L.U. Salpagarova**

### **IT IS A LOT OF CRITERION THE CHOICE WITH APPLICATION OF INDISTINCT PAIRED COMPARISON**

*It is considered statements of a problem of decision-making at the task of criteria of efficiency of functioning of object and parametres of a problem in the conditions of uncertainty in the form of indistinct variables. Variants of multiattribute decision-making are defined.*

*Pairs; fuzzy comparison.*

При принятии управленческих решений и прогнозировании возможных результатов лицо, принимающее решение (ЛПР) обычно сталкивается со сложной системой взаимозависимых компонент (ресурсы, желаемые исходы или цели), которую нужно проанализировать. Классический метод анализа иерархии (МАИ), предложенный Т.Л. Саати [1], сводит исследование сложных систем к последовательности попарных сравнений их отдельных составляющих. Один из наиболее существенных недостатков классического МАИ – возможность обработки лишь точечных экспертных оценок, что в большинстве случаев неприемлемо при решении практических задач, которые характеризуются наличием концептуальной неопределенности и многофакторных рисков [2].

Неточность в оценках экспертов и связанные с ней риски можно выразить следующими способами:

1. С помощью точечных оценок и функции распределения вероятности.
2. С помощью интервальных оценок без распределения вероятностей.

Вероятностное представление точечных оценок и функций распределения обеспечивает создание нескольких модификаций МАИ, названных стохастически МАИ.

Второй способ представления неточности оценок ЛПР приводит к необходимости применения интервальных и нечетких методов нахождения весов и, следовательно, к разработке модифицированных МАИ на основе нечетких экспертных оценок.

Модифицированный МАИ на основе нечетких экспертных оценок представляет собой синтез классического МАИ и методов нечетких множеств. Субъективные и качественные знания ЛПР можно формализовать при привлечении аппарата теории нечетких множеств. Поэтому предлагается представлять суждения ЛПР в виде нечетких треугольных или трапециевидных чисел, поскольку существует большое количество методов сравнения и ранжирования нечетких чисел [2, 3].

Модифицированный МАИ на основе нечетких экспертных оценок отличается от классического МАИ способом формирования нечетких матриц попарных сравнений (МПС) и методом получения вектора приоритетов.

Методы получения весов или вектора приоритетов из нечетких МПС можно классифицировать по следующим критериям [2]:

- ◆ методы, которые позволяют получать веса как из согласованных, так и несогласованных нечетких МПС, а также методы, которые работают лишь с согласованными нечеткими МПС или не гарантируют получения решения в случае несогласованных нечетких МПС;
- ◆ методы, результатом которых есть точечные веса, и методы, результатом которых служат интервальные веса.

При формировании экспертной группы целесообразно провести тестирование, взаимооценку экспертов и проверку согласованности мнений.

Тестирование состоит в решении экспертами задач, с известными организаторам тестирования, но неизвестными экспертам результатами, и проверке по критерию Фишера гипотезы о принадлежности оценок разных экспертов к одной и той же генеральной совокупности оценок.

Самооценка состоит в том, что каждый эксперт в ограниченное время отвечает на вопросы специально составленной анкеты. Такое испытание проводят на компьютере и затем получают балльную оценку. Эксперты могут оценивать и друг друга, но для этого необходима доверительная обстановка и опыт совместной работы. Согласованность мнения экспертов можно оценивать по величине коэффициента конкордации:

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)},$$

где  $S$  – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения;  $n$  – число экспертов;  $m$  – число объектов экспертизы.

Коэффициент конкордации изменяется в диапазоне  $0 < W < 1$ , причем 0 – полная несогласованность, 1 – полное единодушие.

Различают также индивидуальное и коллективное мнения экспертов, последнее считают более точным, а главное – согласованным. В роли экспертов могут выступать люди со специальной подготовкой, потенциальные потребители и изготовители продукции.

Метод нечеткого попарного сравнения применим для выявления предпочтения при принятии решений. Качественное сравнение двух объектов сделать легче, чем выразить свои предпочтения в балльной или ранговой шкале. Этот метод оценки не навязывает априорных условий лицу, принимающему решение. Перечисленные виды оценок требуют нечеткой транзитивности предпочтений: если  $\tilde{a}$  лучше  $\tilde{b}$ , а  $\tilde{b}$  лучше  $\tilde{c}$ , то и  $\tilde{a}$  лучше  $\tilde{c}$ . Нечеткое попарное сравнение такой транзитивности заранее не предполагает.

Например, при выборе нечеткого решения в многокритериальной задаче способ попарного сравнения состоит в указании более предпочтительного решения в каждой паре решений. Можно заявлять, что оба решения равноценны или несравнимы.

Нечеткое попарное сравнение решений определено нечетким бинарным отношением на нечетком множестве решений  $\tilde{A}$ , как нечеткое множество упорядоченных пар  $(\tilde{a}, \tilde{b})$  таких, что  $\tilde{a}$  предпочтительнее  $\tilde{b}$ . Нечеткое бинарное отношение на  $\tilde{A}$  – это нечеткое подмножество  $\tilde{P} \subseteq \tilde{A} \times \tilde{A}$ , где  $\tilde{A} \times \tilde{A}$  – нечеткая совокупность всех упорядоченных пар  $(\tilde{a}, \tilde{b})$ ,  $\tilde{a}, \tilde{b} \in \tilde{A}$ ,  $\tilde{P}$  – нечеткое отношение предпочтения, причем,  $(\tilde{a}, \tilde{b}) \in \tilde{P}$  тогда и только тогда, когда нечеткое  $\tilde{a}$  предпочтительнее нечеткого  $\tilde{b}$ .

Нечеткое отношение  $\tilde{P}$  порождает многозначное нечеткое отображение  $\tilde{P} < \tilde{a} > = \{ \tilde{a} \mid (\tilde{a}, \tilde{b}) \in \tilde{P} \}$ , где  $\tilde{P} < \tilde{a} >$  совокупность всех решений, менее предпочтительных, чем  $\tilde{a}$ .

К нечетким бинарным отношениям применимы теоретико-множественные операции, а также специфические операции, например  $\tilde{P}^{-1} = \{ (\tilde{b}, \tilde{a}) \mid (\tilde{a}, \tilde{b}) \in \tilde{P} \}$ . Нечеткое соотношение  $(\tilde{a}, \tilde{b}) \in \tilde{P}^{-1}$  означает, что  $\tilde{b}$  предпочтительнее  $\tilde{a}$ , т.е. решение  $\tilde{a}$ , менее предпочтительно, чем  $\tilde{b}$ . Соотношение  $(\tilde{a}, \tilde{b}) \in \tilde{P} \cup \tilde{P}^{-1}$  показывает, что решения  $\tilde{a}$  и  $\tilde{b}$  сравнимы по предпочтению, т.е.  $\tilde{a}$  предпочтительнее  $\tilde{b}$  или, наоборот,  $\tilde{b}$  предпочтительнее  $\tilde{a}$ . Если же  $(\tilde{a}, \tilde{b}) \notin \tilde{P} \cup \tilde{P}^{-1}$ , то  $\tilde{a}$  и  $\tilde{b}$  несравнимы. Но  $(\tilde{a}, \tilde{b}) \notin \tilde{P} \cup \tilde{P}^{-1}$  означает, что  $(\tilde{a}, \tilde{b}) \in \overline{\tilde{P} \cup \tilde{P}^{-1}}$ , т.е. пара  $(\tilde{a}, \tilde{b})$  принадлежит дополнению нечеткого отношения  $\tilde{P} \cup \tilde{P}^{-1}$ . Нечеткое отношение неразличимости  $\tilde{I}_p = \overline{\tilde{P} \cup \tilde{P}^{-1}}$  состоит из тех пар  $(\tilde{a}, \tilde{b})$ , для которых ни одно из решений  $\tilde{a}$  и  $\tilde{b}$  не предпочтительнее другого.

На практике при проведении парного сравнения решений некоторые из них могут быть равноценными для эксперта, а некоторые – несравнимыми. Особенно трудно сравнивать решения, служащие для разных целей. В том случае, если  $\tilde{a}$  и  $\tilde{b}$  равноценны, в  $\tilde{P}$  можно включить и  $(\tilde{a}, \tilde{b})$  и  $(\tilde{b}, \tilde{a})$ . Если же они не сравнимы, то  $(\tilde{a}, \tilde{b})$  и  $(\tilde{b}, \tilde{a})$  не принадлежат нечеткому  $\tilde{P}$  и, значит, содержатся в  $\tilde{I}_p$ .

Иногда рассматривают только такие нечеткие пары  $(\tilde{a}, \tilde{b})$ , что  $(\tilde{a}, \tilde{b}) \in \tilde{P}$ , но  $(\tilde{b}, \tilde{a}) \notin \tilde{P}$ , т.е.  $\tilde{a}$  нечетко строго предпочтительнее  $\tilde{b}$ . Нечеткая совокупность таких пар есть  $\tilde{P} - \tilde{P}^{-1}$ . Это отношение называют нечетким **отношением строгого предпочтения** для  $\tilde{P}$  и обозначают  $\tilde{P}^* = \tilde{P} - \tilde{P}^{-1}$ . В том случае, когда  $\tilde{P} = \tilde{P}^*$  по условиям оценки в нечеткое отношение  $\tilde{I}_p$  входят пары как равноценных, так и несравнимых объектов.

Нечеткие оценки предпочтительности – количественные, балльные, ранговые, ранжирования и попарные сравнения задают нечеткое бинарное отношение предпочтения  $\tilde{P}$  на нечетком множестве объектов  $\tilde{A}$ . Если нечеткие попарные сравнения образуют  $\tilde{P}$  явно, то другие порождают  $\tilde{P}$  правилом:

$(\tilde{a}, \tilde{b}) \in \tilde{P} \leftrightarrow \tilde{f}(\tilde{a}) > \tilde{f}(\tilde{b})$ , если речь идет о строгом нечетком предпочтении, или  $(\tilde{a}, \tilde{b}) \in \tilde{P} \leftrightarrow \tilde{f}(\tilde{a}) \geq \tilde{f}(\tilde{b})$ , если нечеткое предпочтение нестрогое. Нечеткие отношения  $\tilde{P}$  несут полную информацию об оценках в ранговой шкале при нечетких попарных сравнениях. Количественные и балльные измерения содержат больше информации, чем порождаемые ими нечеткие отношения. Зная нечеткое отношение  $\tilde{P}$ , можно сказать лучше ли  $\tilde{a}$ , чем  $\tilde{b}$ , но нельзя сказать, во сколько раз.

Выводы, делаемые на основе числовых данных, носят качественный характер. На практике часто конечной целью исследования являются качественные выводы, например, классификация или ранжирование пациентов по совокупности клинических признаков.

Качественную информацию о пациенте легче получить, чем числовую, так как не нужно приборов. Для многих специальных медицинских приборов числовые величины не существует. Качественная информация обеспечивает большую надежность, так как можно быть не уверенным, что  $\tilde{f}(\tilde{a})$  и  $\tilde{f}(\tilde{b})$  измерены точно, но имеется гарантия, что  $\tilde{f}(\tilde{a})$  больше  $\tilde{f}(\tilde{b})$ . Однако для комплексного анализа данных, например, для согласования индивидуальных оценок врачей и объективных показателей пациентов, измеренных в разных шкалах, необходим переход к одному типу данных, числовому или качественному.

В этом случае анализ производят путем сведения всех показателей к количественным за счет сужения множества допустимых преобразований. В качественные оценки вносится новая, искажающая информация. При наличии техники анализа качественных данных можно комплексную обработку информации проводить с помощью сведения нечетких числовых показателей к качественному виду, переходя к соответствующим бинарным отношениям предпочтения. Однако часть информации теряется, но если выводы, полученные на основе «количественной» обработки данных, совпадут с выводами «качественной» обработки, то можно утверждать, что они основаны на исходных данных, а не на методе их извлечения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Саати Т.Л. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
2. Gogus O., Boucher T.O. A consistency test for rational weights in multi-criterion decision analysis with fuzzy pair wise comparisons // Fuzzy sets and Systems. – 1977. – Vol. 86. – P. 129-138.
3. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта/А.Н. Аверкин, И.З. Багыршин, А.Ф. Блишун, Б.В. Силаев, Б.Н. Тарасов. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
4. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой – М.: Наука, 1990. – 272 с.

#### **Заргарян Елена Валерьевна**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

Е-mail: fin\_val\_iv@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371773.

Кафедра систем автоматического управления; доцент.

**Салпагарова Анжела Руслановна**

Карачаево-Черкесская государственная технологическая академия.

E-mail: Anzhela\_Salp@mail.ru.

357100, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36.

Тел.: 8782202387.

Соискатель кафедры математики; ассистент.

**Zargarjan Elena Valerevna**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: fin\_val\_iv@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371773.

The Department of Automatic Control Systems; associate professor.

**Salpagarova Angela Ruslanovna**

Karachai-Cherkess State technological academy.

E-mail: Anzhela\_Salp@mail.ru

36, Stavropolskaya Street, Cherkessk, 357100.

Phone: 88782202387.

Postgraduate of mathematic chair; assistant.

УДК 681.518

**Ю.А. Заргарян, В.В. Затылкин**

**МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЕ ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО ДАННЫМ  
ОПРОСА МНЕНИЙ**

*Рассматривается постановка задачи принятия решения при задании критериев эффективности функционирования объекта и параметров задачи в условиях неопределенности в виде нечетких переменных. Определен вариант многоатрибутного принятия решения.*

*Мнение; принятие решения.*

**J.A. Zargarjan, V.V. Zatytkin**

**MULTIPLE-CRITERIA DECISION-MAKING ACCORDING  
TO INTERROGATION OF OPINIONS**

*It is considered statements of a problem of decision-making at the task of criteria of efficiency of functioning of object and parametres of a problem in the conditions of uncertainty in the form of indistinct variables. Are defined a variant of multiattribute decision-making.*

*Opinion; decision-making.*

В практике принятия решений относительно сложившейся ситуации при управлении предприятием, в том числе и энергетическим, в условиях неопределенности данных часто применяют методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов. Каждый из специалистов имеет собственное мнение, которое далеко не всегда может совпадать с преобладающими «усредненными» мнениями коллектива. Адекватное принятие решений в подобных ситуациях относится к задачам ситуационного моделирования [1].

Принятие решений может быть многокритериальным. Задача усложняется, так как необходимо согласовывать решения при нескольких критериях. Добиться одновременной максимизации (минимизации) двух и более критериев (целевых