Салпагарова Анжела Руслановна
Карачаево-Черкесская государственная технологической 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. Zatylkin

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 функций) практически невозможно, так как стремление к увеличению (уменьшению) одного критерия приводит к уменьшению (увеличению) других критериев. Так как формализация мнений специалистов осуществляется с применением методов теории нечетких множеств [2, 3], то исходные данные рассматриваются, как нечеткие. Также в нечетком виде могут быть заданы и критерии. Таким образом, при многокритериальном принятии решений с учетом мнений многих экспертов необходимо согласование критериев, а также рассматривать методы принятия решений в условиях многокритериальности.

Принятие решений методами нечеткого линейного программирования. Объект может принадлежать или не принадлежать к классу требования критерия. Параметры класса требований могут быть определены как четкими, так и нечеткими значениями. Принадлежность элемента системы управления классу требования критерия определяется высказыванием. Таким образом, существует задача, требующая принятия решений в условиях, где нечетко проявляются цели и ограничения. Для принятия решения используется нечеткое линейное программирование, основанное на модели принятия решений Беллмана-Заде [4].

Математическое программирование применимо к решению моделей вида:

$$\max_{x \in X} F(x), \quad \sum_i G_i(x) \le 0\,, \tag{1}$$

где $F(x)$ – целевая функция; $G_i(x)$ – заданные ограничения.

Модель линейного программирования задают в следующем виде [5]:

$$\max_{x \in X} F = C^T X, \quad AX \le B, \ X \ge 0\,, \tag{2}$$

где F – векторная целевая функция; B – вектор заданных ограничений; A и C – матрицы параметров задачи.

Согласно модели принятия решений Беллмана-Заде [4], целевая функция и ограничения представляют в виде нечетких множеств. При этом экспертами определены для нечетких ограничений функции принадлежности целей $\mu_{\tilde{F}_i}(x),\ i = \overline{1,n},\ x \in X$ и функции принадлежности ограничений $\mu_{\tilde{G}_i}(x),\ i = \overline{1,m},\ x \in X$.

При условии, что функции принадлежности всех нечетких множеств имеют линейный вид, максимизирующее решение, которое неоднозначно определяет четкое решение, определяется множеством точек R, $R \subseteq X$, определяется функцией принадлежности

$$\mu_{\tilde{D}_i}(x) = \mu_{\tilde{F}_i}(x) O \mu_{\tilde{G}_i}(x),\ i = \overline{1,n},\ \ j = \overline{1,m},\ x \in X\,, \tag{3}$$

где O – некоторый оператор.

Для симметричных моделей линейного программирования на основании подхода Беллмана-Заде разработаны алгоритмы принятия решений, которые связаны с поиском четкого оптимального решения, максимизирующим функцию принадлежности нечеткого решения, и несимметричных моделей, в которых ограничения нечеткие, а целевая функция имеет четкий вид [6]. Для несимметричных моделей следует найти экстремум целевой функции, у которой область определения – нечеткая.

Для поиска пространства решений, которое определяется в виде максимизирующего множества $\tilde{M} = \{x, \mu_{\tilde{M}}(x)\}$ (по Заде) определяется его функция принадлежности

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \frac{f(x) - \inf(f)}{\sup(f) - \inf(f)}. \qquad (4)$$

Определению нечеткого множества $\tilde{M}$ посвящены многие работы, среди которых [7, 8]. Величины целевой функции определяются из вычисления для всех α-уровневых множеств пространства решений и рассматриваются как нечеткое множество «решение» значений целевых функций со степенью принадлежности, равной α-уровню пространства решений, т.е.:

$$\max_{x \in X} F(x), \ \ \alpha \le \mu_i(x), \ i = \overline{1,m}, \ x \in X. \qquad (5)$$

Выбор оптимального решения остается за руководителем.

При определении четкого максимизирующего решения $M\tilde{R}(F)$ в нечетком пространстве решений $\tilde{R}$ вычисляют функцию принадлежности [8] по формуле

$$\mu_{M\tilde{R}(F)}(x) = \begin{cases} 0, & F(x) \le \inf\limits_{S(\tilde{R})} F, \\ \dfrac{F(x) - \inf\limits_{S(\tilde{R})} F}{\sup\limits_{S(\tilde{R})} F - \inf\limits_{S(\tilde{R})} F}, & \inf\limits_{S(\tilde{R})} F < F(x) < \sup\limits_{S(\tilde{R})} F, \\ 1, & \sup\limits_{S(\tilde{R})} F \le F(x), \end{cases} \qquad (6)$$

где $S\tilde{R}$ – носитель нечеткого пространства решений $\tilde{R}$.

На рис. 1.7 показано определение четкого максимизирующего решения.

Функция принадлежности нечеткого множества решения μ_F определена из вычисления для всех α-уровневых множеств пространства решений. Точка пересечения функции принадлежности максимизирующего множества $\mu_{opt}(r)$ с функцией принадлежности нечеткого множества «решение» μ_F позволяет определить четкое максимизирующие решение x_0.

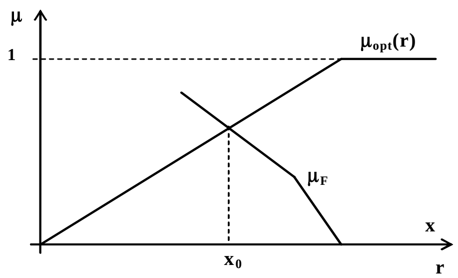

Рис. 1.7. Определение четкого максимизирующего решения x_0

В случае нелинейного задания функций принадлежности применяются другие операторы агрегирования [5], например выпуклая комбинация операторов максимума и минимума, и другие агрегаторы [8 - 12] (операторы пересечения, усреднения и объединения).

Многокритериальное принятие решений. При решении задач принятия решений с оценкой не одного, а нескольких критериев, одновременный поиск экстремумов двух и более критериев не приводит к нужному результату. Увеличение одного из критериев вызывает уменьшение каких-либо других критериев. Поэтому разрабатывают методы принятия решений в условиях многокритериальности: принятие решений при многих целевых функциях и многоатрибутное принятие решений.

При задании многих целевых функций задача имеет вид [5]:

$$\overline{F}(x) = max, \quad \overline{x} \in X\ , \tag{7}$$

где $\overline{F}(x) = \{f_1(x), f_2(x),..., f_m(x)\}$ - векторная целевая функция; $\overline{x} = \{x_1, x_1,..., x_n\}$ – вектор параметров, $x_1 \in X_1$, $x_2 \in X_2, \ldots, x_n \in X_n$,; $X = X_1 \times X_2 \times \ldots \times X_n$.

Известны три подхода для получения многокритериального оптимального решения:

- ♦ методы, учитывающие вес (полезность) целевых функций;
- ♦ методы целевого программирования;
- ♦ интерактивные методы.

В методах первого подхода [13] и в методах второго подхода [14] каждой из целевых функций эксперт задает вес, что позволяет найти компромиссное решение с наибольшей суммарной выгодой, которому соответствует комбинация взвешенных индивидуальных целевых функций. В методах третьего подхода [15] применима локальная информация в соответствии с компромиссным решением. Например, в работе [16] решение основано на использовании α-парето оптимума, в работе [17] рассмотрена модель распределения информации с применением нечетких коэффициентов, как результата недостатка информации.

Многоатрибутное принятие решений предполагает [6], что задано конечное множество альтернатив $A=\{a_1,a_2,\ldots,a_m\}$ и конечное множество критериев $C=\{c_1,c_2,\ldots,c_n\}$. Следует определить оптимальную альтернативу x^0 с учетом критериев $c_1,c_2,\ldots,c_n$.

Методы многоатрибутного принятия решений содержат два этапа – агрегирование критериев и ранжирование альтернатив. К основным моделям многоатрибутного принятия решений относятся:

- ♦ модель, в которой правило выбора наилучшей альтернативы определено, как пересечение нечетких множеств

$$\tilde{D} = \tilde{C}_1 \cap \tilde{C}_2 \cap ... \cap \tilde{C}_m\ , \tag{1.8}$$

где $\tilde{C} = \{\ \mu_{\tilde{C}}(a_1)/a_1, \mu_{\tilde{C}}(a_2)/a_2,..., \mu_{\tilde{C}}(a_n)/a_n\ \}$ – нечеткое множество «оценка альтернативы a_i по критерию C». Оптимальная альтернатива имеет наибольшую степень принадлежности в нечетком множестве $\tilde{D}$ [18];

- ♦ модель [19], в которой элементы a_i множества альтернатив $A=\{a_1,a_2,\ldots,a_m\}$ ранжированы по критериям $C=\{c_1,c_2,\ldots,c_n\}$ так, что заданы оценки $r_{ii},\ i = \overline{1,n},\ i = \overline{1,m}$ с функциями принадлежности $\mu_{r_{ij}}(r_{ij}) \in \Re$. Относительная важность критерия c_2 задана весом w_2 с функциями принадлежности $\mu_{w_j}(w_j) \in \Re$. Взвешенная оценка альтернативы a_i находится из формулы

$$g_i(z) = \frac{\sum_{j=1}^{m} w_j r_{ij}}{\sum_{j=1}^{m} w_j},, \tag{9}$$

где $z_i=\{w_1,w_2,\ldots,w_m, r_{i1},r_{i2},\ldots,r_{im}\}$.

Для четкого определения выбирается альтернатива a_i, которая имеет наибольшую оценку z_i.

Существуют и другие методы для решения задач многоатрибутного принятия решений, например в работе [20] применены процедуры нечеткого попарного сравнения.

При формализации исходных данных в виде лингвистических и нечетких переменных применяют методы построения функций принадлежности – прямые и косвенные. Функция принадлежности – субъективное понятие (невероятное субъективное измерение нечеткости), определенное экспертами, как некоторая оценка. Степень принадлежности $\mu_A(x)$ элемента x нечеткому множеству $\tilde{A}$ – субъективная мера того, насколько элемент $x \in X$ соответствует понятию, смысл которого формализуется нечетким множеством $\tilde{A}$ [21]. Построенные экспертами функции принадлежности аппроксимируют аналитическими выражениями для последующего выполнения с ними математических операций. Существует понятие вида стандартных функций принадлежности. Эксперт может выбрать наиболее подходящую форму функции принадлежности, но нет строгих рекомендаций о выборе вида функции принадлежности.

Нечеткие переменные α_i^j задают тройкой множеств

$$< \alpha_i^k, X_i, \tilde{C}(\alpha_i^j),\ j = \overline{1,r}, \tag{10}$$

где α_i^j – наименование НП;

X_i – базовое множество; $\tilde{C}(\alpha_i^j) = \{< \mu_{C(\alpha_i^j)}(x_i)/x_i >\},\ x_i \in X_i$ – нечеткое подмножество, заданное на множестве X_i; $\mu_{C(\alpha_i^j)}(x_i)$ – функции принадлежности, задание которых осуществляется путем опроса мнений экспертов.

Если обозначить через $x_i^1 = \inf\limits_{x_1 \in X_i} X_i$ нижнее значение множества X_i, а через $x_i^2 = \sup\limits_{x_1 \in X_i} X_i$ верхнее значение множества X_i, то получим правило упорядочивания элементов в терм-множестве $T(\alpha_i)$ [22]:

$$(\forall \alpha_i^p \in T(\alpha_i))(\forall \alpha_i^r \in T(\alpha_i))[p > r \leftrightarrow (\exists x_i \in S_i^p)(\exists y_i \in S_i^r)(x_i > y_i],$$
$$S_i^p \subseteq XI,\ S_i^r \subseteq XI,\ y_i, x_i \in XI.$$

Согласно данному правилу упорядочивания, терм, имеющий носитель, расположенный левее, получает меньший номер.

Задание функций принадлежности $\mu_{C(\alpha_i^k)}(x_i)$ должно соответствовать параметрическому представлению в виде пятерки [23] (A,a,B,b,Q). Величина $Q \in [0,1]$ описывает неопределенность описания функций принадлежности $\mu_{C(\alpha_i^j)}(x_i)$. Условия задания функций принадлежности формализуются следующим образом:

$$\mu(x)=\begin{cases} Q, & x \le A-a,\ x \ge B+b, \\ 1 & A \le x \le B, \\ \varphi_1(x), & A-a \le x \le A, \\ \varphi_2(x), & B \le x \le B+b. \end{cases} \tag{11}$$

Функция $\varphi_1(x)$ является неубывающей функцией при $x \le A$, функция $\varphi_2(x)$ является невозрастающей функцией при $x \le B$. Нечеткое множество $\tilde{C}(\alpha_i^j)$ задается на базовом множестве X_i. Интервал $[A,B] \subseteq X_i$ – является ядром нечеткого множества $\tilde{C}(\alpha_i^j)$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Поспелов Д.А.* Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 288 с.
2. *Zaden Д.Ф.* Fuxxy sets, Information end Control, 8. – P. 338-353, 1965.
3. Mizumoto M. Fuzzy sets and their operations//Inform. Control. – 1982. – Vol. 50. – P. 160-174.
4. *Bellman R.E., Zadeh L.A.* Decision-making in a fuzzy environment // Management Science. – 1970. – Vol. 17. – P. 141-164.
5. *Zimmermann H.-J.* Application of Fuzzy Sets Theory to Mathematical Programming // Information Sciences. – 1985. – Vol. 36 – P. 29-58.
6. *Zimmermann H.-J.* Fuzzy Sets Theory and its applications. – Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 1996. – 435 p.
7. *Tanaka H., Okuda T., Asai K.* On fuzzy mathematical programming // J. Cybern. – 1974. – Vol.3. – P. 37-46.
8. *Werners B.* Interaktive Entscheidungsutnertuetzung durch ein Flexibles mathematisches Programmierungssystem, Meunchen, 1984.
9. *Zimmermann H.-J.,* Zysno. Latent connectives in human decision // Fuzzy Sets and Systems. – 1980/ -Vol. 4. – P. 37-51.
10. *Giles R.* Lukasiewicz logic and fuzzy theory // Int. J. Man. Mach. Stud. – 1976. – Vol. 8. – P. 313 – 327.
11. *Mizumoto M.* Fuzzy sets and their operations // Inform. Control. – 1982. – Vol. 50. – P. 160-174.
12. *Ralescu A.L., Ralescu D.A.* Extensions of fuzzy aggregation // Fuzzy sets and systems. – 1997. – Vol. 86. – P. 321-330.
13. *Кини Р., Райфа Ч.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.
14. *Charnes A., Cooper W.W.* Management Models and Industrial Applications of Linear Programming. – New York. 1961.
15. *Dyer J.S.* Interactive goal programming // Management Science. – 1973. – Vol. 19. – P. 62-70.
16. *Sakama M., Kato K.* Interactive decision making for large-scale multiobjective linear programs with fuzzy numbers // Fuzzy sets and systems. – 1997. – Vol. 88. – P. 161-172.
17. *Tanaka H., Ishihashi Y., Asai K.* A value of information in FLP problems via sensitivity analysis // Fuzzy sets and Systems. – 1986. – Vol. 18. – P. 119-129.
18. *Yager R.R.* Fuzzy decision making including unequal objectives // Fuzzy sets and Systems. – 1978. – Vol. 1. – P. 87-95.
19. *Baas M.S., Kwakernaak H.* Rating and ranking of multiple-aspect alternatives using fuzzy sets//Automatica. – 1977. – Vol. 13. – P. 47-58.
20. *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.
21. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блиншун, Б.В. Силаев, Б.Н. Тарасов. – М.: Наука, 1986. – 312 с.

22. *Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я.* Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
23. *Iancu U.* Propagation of uncertainy and imprecision in knowledge-based systems // Fuzzy Sets and Systems, 1998. – №94. – P. 29-43.

Заргарян Юрий Артурович
Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.
E-mail: fin_val_iv@tsure.ru.
347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.
Тел.: 88634371773.
Кафедра систем автоматического управления; аспирант.

Затылкин Вячеслав Владимирович

Zargarjan Jury Arturovich
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; postgraduate student.

Zatylkin Vyacheslav Vladimirovich

УДК 681.5

И.С. Коберси, Д.А. Белоглазов

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АДАПТИВНАЯ ГИБРИДНАЯ ОБУЧАЕМАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Безопасность транспортных средств (ТС) как объекта управления необходимо обеспечить в случае потери ручного управления, слабой ориентации на местности, и др. Подобные объекты входят в область исследования как в машиностроении, так и в системах автоматического управления.

Транспортное средство; управление.

I.S. Kobersi, D.A. Beloglazov

INTELLIGENT ADAPTIVE HYBRID TRAINABLE CONTROL VEHICLE SYSTEM

Safety of Vehicles (MV) as an object of control should ensure that in case of loss of manual control, poor targeting, terrain, etc. Such objects are included in the study area as in engineering, as well as in automatic control systems.

Vehicle; control.

В работе Ш. Фэритора [1] описываются некоторые задачи управления автомобилем, когда водитель теряет управление в процессе движения автомобиля. В его работе рассматривается система управления на основе искусственного интеллекта. Последовательность шагов при решении задачи может быть следующей (рис. 1).

Принимаемые сигналы от внешней среды классифицируются по типу сигналов «принято» (информация о состоянии движении ТС) или о скорости ТС на радиусе «движения», после того как сортируются сигналы по классам принимается решение о