

УДК 681.324.01



ЗАДАЧИ И КОНЦЕПЦИИ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Г.И. Стопченко¹, И.А. Макрушан², С. В. Билан³¹ г. Харьков, Украина, tutu@vk.kh.ua² ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, mivenera@mail.ru³ ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, belka-tyan@mail.ru

Произведен анализ существующих подходов к структуризации методов принятия многокритериальных решений. Выделен ряд классификационных признаков, позволяющих расширить существующую модель принятия решений. Предлагается иерархическая структура классификации существующих и разрабатываемых методов принятия многокритериальных решений, а также система концепций поиска решений.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА, МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ЗАДАЧА, ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОД

Введение

Задача принятия решений — одна из самых распространенных в любой предметной деятельности человека. Она часто формулируется как оптимизационная задача в терминах определенного математического аппарата и сводится в общем случае к выбору одной или нескольких альтернатив из некоторого множества. Большинство прикладных задач являются многоцелевыми, и функция принятия решений непосредственно связана с целеустремленной деятельностью человека.

В задачах многокритериального принятия решений для устранения неопределенности, возникающей из-за наличия нескольких критериев, используются предпочтения лица, принимающего решения (ЛПР), основанные на его знаниях, опыте и интуиции. Эта субъективная информация является основой объединения основных параметров задачи в единую модель, позволяющую оценивать варианты решений.

К настоящему времени разработано значительное количество моделей процедур многокритериального принятия решений. Несмотря на специфику этих средств, в каждой из них решения предъявляются для анализа процедур ЛПР, и после оценки информация в виде некоторых новых значений параметров используется для генераций, предположительно улучшаемых решений. Можно выделить некоторый набор операций, выполняемых ЛПР в процессе выявления его предпочтений: ЛПР определяет направление улучшения и величину шага в критериальном пространстве; задает весовые коэффициенты важности критериев; задает желаемые и пороговые уровни значений критериев; выделяет критерии, оценки по которым могут быть ухудшены или должны быть улучшены, проводит попарное сравнение решений в пространстве значений критериев и так далее.

В существующих обзорах по анализу и классификации моделей, методов и алгоритмов принятия

решений основным признаком выделения и классификации математических средств является тип дополнительной информации ЛПР. Разнообразие методов обусловлено множеством форм предоставления дополнительной информации от ЛПР и требует рассмотрения условий и особенностей принятия решений ЛПР, эффективности получаемых решений для выявления основных подходов [1-5].

1. Постановка задачи

Несмотря на значительное количество обзоров, методов и процедур принятия решений можно сделать следующие выводы:

- наблюдается некоторая произвольность в выборе классификационных признаков и отсутствие системобразующего концептуального элемента метода поиска решения;
- разнообразие форм дополнительной информации от ЛПР приводит к произвольной классификации;
- отсутствует четкая постановка автономности классов метода;

В этих условиях представляется целесообразным:

- введение дополнительных признаков классификации и автономности методов и моделей;
- на основе введения дополнительных признаков обеспечить лучшую структуризацию математических средств;
- обосновать автономность и типизацию разнообразных классов математических средств принятия решений.

2. Модель компонентов многокритериальных задач

Принятия решений — это особый вид целенаправленной деятельности, заключающийся в выборе наиболее эффективной из имеющихся альтернатив. Наиболее предпочтительной в методологии принятия решений является следующая модель:

$$M_1 = \langle t, x, D, F, H, P, r, S \rangle, \quad (1)$$

где t – вид требуемого решения; x – вектор переменных решений; D – область допустимых решений; F – вектор критериев оценки вариантов; H – способы измерения предпочтений (обычно шкалы); P – система предпочтений ЛПР (совокупность неформализованных представлений эффективности альтернатив); r – решающее правило (принцип оптимальности – формализованное выражение предпочтений ЛПР, представляющее собой принцип сравнения векторных оценок): $S = X \rightarrow Z$ – отображение решений в критериальные оценки.

Модель (1) является достаточно общей для широкого класса постановок многокритериальных задач (МКЗ). Представляется целесообразным шагом дальнейшая структуризация модели (1) путем выделения ряда дополнительных классификационных признаков (компонентов) для типизации концептуальных свойств:

- концепция построения модели (оптимизации, удовлетворения, приближения и достижения);
- тип постановки задач;
- наличие у ЛПР области желаемых значений (ОЖЗ) критериев, что предполагает возможность ЛПР выразить требования к получаемому решению;
- свойство области допустимых решений (ОДР) D : неизменность области D или возможность изменения области $D + \Delta D$;
- принадлежность получаемого наилучшего (желаемого) решения ОДР ($x^* \in D$);
- оператор поиска решения: максимизация (max), минимизация (min), достижения (equal);
- принцип оптимальности концептуальных моделей, который является формализованным выражением предпочтений ЛПР и представляют собой правило сравнения векторных оценок;
- условия поиска решения;
- основные (управляемые) параметры модели.

3. Концепции методов принятия решений

Различные сочетания элементов задачи приводят к многообразным задачам выбора, которые исследованы и изучены в разной степени. Многокритериальные задачи не имеют однозначного общего решения, поэтому существует много разных способов придать многокритериальной задаче частный вид, обладающий единственным решением. Естественно, что разные способы этих решений в общем случае оказываются различными, поэтому существенным аспектом в решении многокритериальной задачи является обоснование именно данного вида ее постановки. В зависимости от возможностей, предпочтений и наличия уровня притязаний (желательных целевых значений критериев), а также структуры ОДР D и типов постановок решаемых

задач, сформулируем типы концептуальных задач поиска решений [6,7]. Концепция оптимизации заключается в поиске априори неизвестного, наилучшего решения на основе существования функции полезности, которой руководствуется ЛПР при выборе наиболее предпочтительного решения, и у него нет представления о его желательных свойствах [8,9].

Задача формулируется следующим образом: найти вектор X , принадлежащий ОДР D и оптимизирующую совокупность целевых функций $\{f_i(x)\}$ при наиболее предпочтительном соотношении между их значениями в точке решения. Это требование означает нахождение в ОДР D эффективного решения X^* , соответствующего экстремуму априори неизвестной функции полезности $V(Z)$ ЛПР:

$$X^* \{ \text{arg opt } V(Z(X)) \}. \quad (2)$$

Методы решения (2) на основе концепции оптимизации имеют следующие особенности: у ЛПР отсутствует ОДР критериев; оператор поиска решений (opt) в зависимости от физического смысла критериев может быть max или min; ОДР постоянна; оптимальное решение принадлежит ОДР ($X^* \in D$); управляемыми параметрами, как правило, являются коэффициенты важности критериев $\Lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$. Принцип оптимальности ϕ_1 представляется следующим образом: $\phi_1: \{ \text{opt } (F_1(x, \Lambda)) \} \rightarrow X^*$. Самый известный и простой подход взвешенной свертки – использование аддитивной функции полезности в виде $V(F_1(x, \Lambda))$. Вид функции задается априори (часто линейный), а параметрам $\Lambda = \{\lambda_i\}$ придаются некоторые начальные значения Λ^0 , и решается задача $\text{opt } F\{f_i(x), \lambda_i\}; x \in D$. Полученные значения критериев рассматриваются ЛПР, и в случае неудовлетворенности решением параметры меняются в соответствии с некоторыми принципами.

На этой концепции оптимизации основываются следующие методы: Дайера – Джонсона, Сайвина; процедуры прогрессивной ориентации, 3–В, S MOLP, IMOLP и другие.

Концепция удовлетворения является основой моделей и методов многокритериального принятия решений, в которых осуществляется поиск альтернатив, критериальные оценки которых устраивают ЛПР. Эти требования к альтернативам могут априори быть у ЛПР или вырабатываться по мере ознакомления с ОДР.

Задача формализуется следующим образом: найти X , принадлежащий ОДР D и удовлетворяющий множеству критериальных оценок $L = \{l_i\}$:

$$\begin{aligned} \text{opt } F(x) &= \{f_i(x)\}; \\ X \in D &= \{A_x \geq B\}; \\ \{f_i(x) &\geq l_i\}. \end{aligned}$$

Методы, основанные на концепции удовлетворения, имеют следующие особенности: у ЛПР имеются требования к критериальным оценкам ОЖЗ; ОДР постоянна, область поиска решения постоянна (*Egual* - равенство), что отражает принадлежность лучшего решения ОДР ($X^* \in D$); управляемыми параметрами являются критериальные ограничения $L = \{l_i\}$ и уступки Δl . Принцип оптимальности φ_2 представим следующим образом:

$$\varphi_2 : \{F(f_i(x) \text{ equal } L = \{l_i\}) \rightarrow X^* .$$

Примером метода поиска удовлетворительного решения является метод уступок, в котором ЛПР ранжирует критерии по важности, затем решается задача оптимизации первого критерия при $X \in D$, затем второго и так далее, то есть определяется лексикографически оптимальное решение. Если полученное решение не устраивает ЛПР, ему необходимо указать, на какую величину Δ_1 он согласен снизить значение первого критерия для улучшения значения второго, и решается новая задача:

$$\begin{aligned} f_2(x) &\rightarrow \max; \\ f_1(x) &\geq Z_1^* - \Delta_1; \\ X &\in D. \end{aligned}$$

Если решение X_2 не обеспечивает приемлемого значения f_3 , ЛПР определяет уступку по второму критерию Δ_2 , и решается задача:

$$\begin{aligned} f_3(x) &\rightarrow \max; \\ f_1(x) &\geq Z_1^* - \Delta_2; \\ f_2(x) &\geq Z_2^* - \Delta_2; \\ X &\in D. \end{aligned}$$

Аналогично формируется задача по другим критериям.

На концепции удовлетворения основаны методы и процедуры: ISWT (Чанконга-Хеймса), Беленсона-Капура, внешнего ветвления, метод ϵ -ограничений, STEM, IMGP, SEMOPS и другие.

Концепция приближения заключается в целенаправленном формировании допустимых решений, когда цели и требования формируются ЛПР в значениях критериального пространства [10,11].

Задача формируется следующим образом: найти вектор X , принадлежащий ОДР D и обеспечивающий для целевых функций наиболее близкое приближение к множеству одновременно недопустимых значений целей $\hat{Z} = \{\hat{z}_i\}$:

$$X = \text{agr} \min d(F(x), \hat{Z}),$$

где $\hat{Z} = (Z_1, \dots, Z_n)$ – значения критериальных целей; $d(\cdot)$ – расстояние, определяемое на основании исковой метрики.

Общую модель представим в следующем виде:

$$d_p = \left[\sum_{i=1}^n \lambda_i |f_i(x) - \hat{z}_i|^p \right],$$

где p – норма измерения. Методы, основанные на этой концепции, имеют следующие особенности: у ЛПР имеются требования к критериальным оценкам ОЖЗ; ОДР постоянна; полученное решение принадлежит ОДР $D(X^* \in D)$, оператор поиска \min ; ОЖЗ и ОДР не пересекаются; основные управляемые параметры \hat{Z}, p, Λ . Принцип оптимальности φ_3 представляется в следующем виде:

$$\varphi_3 : \{\hat{Z}, \min d(F(x), \Lambda, \hat{Z})\} \rightarrow X^* .$$

При формализации целевого программирования изменяется модель задачи: к исходным условиям добавляются целевые ограничения, отражающие уровни ОЖЗ; вводятся переменные от желаемых значений исходных критериев t ; критерий в модели строится как функция новых переменных [12].

В модели цель выражается минимизацией переменных-отклонений t_i , которые отражают недопущение \hat{t}_i или превышение t_i^t целевого уровня \hat{Z}_i , в качестве целевой функции может использоваться линейная свертка:

$$\min \sum_{i=1}^n (\bar{\lambda}_i \bar{t}_i + \lambda_i t_i).$$

На концепции приближения основываются методы: достижения цели, изменяемого идеала; контрольной точки, SEMOPS, STEM, SIGMOP, компромиссного программирования и так далее.

Концепция достижения заключается в целенаправленном формировании допустимых решений при варьируемой (расширяемой) структуре ограничений ОДР [13].

Задача формируется следующим образом: найти X , удовлетворяющий множеству критериальным оценкам \hat{Z} директивной области Y за счет расширения ОДР D .

Модель задачи системной оптимизации:

$$(A^0 + \Delta A)\hat{x} \leq b^0 + \Delta b, \Delta A \in A, \Delta b \in b,$$

где ΔA – вариации коэффициентов матрицы A ; Δb – вариации правых частей ограничений; \hat{X} – целевая установка (\hat{X} не удовлетворяет при $\Delta A = 0, \Delta b = 0$).

Методы и процедуры, основывающиеся на этой концепции, имеют следующие особенности: у ЛПР имеется директивная ОЖЗ, выполнение и достижение которой обязательно, и ОДР, способная расширяться. Полученное решение не принадлежит первоначальной ОДР ($X^* \notin D$), а принадлежит расширенной $D + \Delta D$.

Оператор поиска решения – *Egual* (достижение), то есть пересечение директивной области и расширенной ОДР не пусто.

Управляемые параметры представляют собой изменяемые коэффициенты ΔA и правые части

Δb ограничений ОДР. Принцип оптимальности φ_4 можно представить следующим образом:

$$\varphi_4 : \{F(x, \Delta D) \text{ equal } \hat{Z}^{dup}\} \rightarrow X^* .$$

В общем виде структуризацию процесса поиска решений можно представить в виде следующей иерархической структуры (рис.1).

Объединенная модель принятия решений		
Концепции		
Приближения	Оптимизации	
Достижения	Удовлетворения	
Методы и процедуры		
Управляемые параметры		
Типы параметров		
Точечные	Нечетные	Интервальные

Рис. 1. Иерархическая структура классификации существующих и разрабатываемых методов принятия многокритериальных решений

Выводы

Анализ типов постановок задач принятия МК решений позволил определить ряд специфических свойств, позволяющих определить концептуальность математических средств ПР.

Выделение концептуальности методов способствует формализации постановок задач, выбору соответствующего метода решения и формированию процедур поиска решения, в том числе комбинированного типа.

С учетом концептуальности математических средств можно выделить следующую иерархическую структуру классификации: обобщенная модель ПР – концепции – методы и процедуры – управляемые параметры.

Выделение классов методов на основе концептуальности способствуют формированию для каждого класса возможности математического обоснования, зависимости эффективности получаемых решений от параметров модели.

Предлагаемый подход использовался при управлении бизнес-процессами, сетевыми информационными технологиями и при проектировании информационных систем.

Список литературы: 1. *White D.J.* A bibliography on the application of mathematical programming multiple-objective methods // *J. Oper. Res. Soc.* – 1990 – №41. – pp. 669-691. 2. *Ларичев, О.Н.* Аналитический обзор процедур решения многокритериальных задач математического программирования [Текст] / О.Н. Ларичев, А.Д. Никифоров // *Экономика и математические методы.* – 1986. Т. XXII, вып. 3. – С. 508-523. 3. *Штойер, Р.Е.* Процедуры интерактивной многокритериальной оптимизации: Чебышевская, желаемого вектора критериев и комбинированная [Текст] / Р.Е. Штойер // *Автоматика.* – 1993. №5. – С. 14-25. 4. *Chankong V. and Haimes Y.Y.* Multiobjective Decision Making: Theory and Methodology. - New York: North-Holland, 1983. – 406 p. 5. *Эддоус, М.* Методы принятия решений [Текст] / М. Эддоус, Р. Стэнсфильд. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 590 с. 6. *Левыкин, В.М.* Комплексная многокритериальная модель решения задач управления сетевыми информационными технологиями [Текст] / В.М. Левыкин, Г.И. Стопченко, И.А. Макрушан // *Нові технології (Науковий вісник КУЕІТУ).* – 2008. – №1 (19). – С. 142-148. 7. *Стопченко, Г.И.,* Интеллектуальные СППР в управлении сетевой информационной технологией [Текст] / Г.И. Стопченко, И.А. Макрушан // *Прикладная радиоэлектроника.* – 2008. – Т.7, №1, с. 43-53. 8. *Ларичев, О.И.* Теория и методы принятия решений [Текст] / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2002. – 392 с. 9. *Овезгельдыев, А.О.* Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации [Текст] / А.О. Овезгельдыев, Э.Г. Петров, К.Э. Петров. – К.: Наукова думка, 2002. – 164 с. 10. *R.E. Steuer, P.Na.* Multiple criteria decision making combined with finance: A categorized bibliographic study // *European Journal of Operational Research* 150, 2003, p. 496-515. 11. *D.Eckert, C.Klamler, J.Mitlohner and C.Schlotterer.* A distance-based comparison of basic voting rules. // *European Journal of Operations Research, Vol. 12.* *Даргейко, Л.Ф.* Технология многокритериальной оптимизации в системах поддержки принятия решений проблемы создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений [Текст] / Л.Ф. Даргейко. – К., 1990. – С. 20-26. 13. *Моисеенко, В.В.* Системная оптимизация как обобщение оптимизации классической [Текст] / В.В. Моисеенко, В.В. Яцкевич // *Кибернетика и системный анализ.* – 1997. – №3. – С. 135-139.

Поступила в редколлегию 14.04.2010 г.

УДК 681.324.01

Задачі та концепції методів багатокритеріальних рішень в інтелектуальних системах / Г.І. Стопченко, І.А. Макрушан, С. В. Білан // *Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал.* – 2010. – № 1 (72). – С. 122–125.

Проведено аналіз типів постановок, багатокритеріальних задач прийняття рішень, що дозволяють визначити концептуальність математичних засобів прийняття рішень. Запропоновано ряд класифікаційних ознак, що дозволяють розширити існуючу модель прийняття рішень, і систему концепцій пошуку рішень.

Л. І. Бібліогр.: 17 найм.

UDC 681.324.01

Tasks and concepts of multicriterion decision-making methods in intelligent systems / G.I. Stopchenko, I.A. Makrushan, S.V. Bilan // *Bionics of Intelligence: Sci. Mag.* – 2010. – № 1 (72). – P. 122–125.

In the article present approaches to structuring methods of multicriterion decision-making are analysed. A range of classification criteria that allow to expand the present model of decision-making as well as the system of decisions searching concepts are proposed.

Fig. 1. Ref.: 17 items.