

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ МНОГОАТТРИБУТИВНЫХ МЕТОДОВ*

Представлены многоаттрибутивные методы принятия решений, обеспечивающие решение задач выбора оптимального состава бортовой системы космических аппаратов «Гонец-М» и «Глонасс-М» при многих критериях. Приведены алгоритмы, реализующие процедуры многоаттрибутивного выбора и концептуальная схема системы поддержки принятия решений на основе данных методов.

Ключевые слова: проектирование спутников навигации и связи.

Использование многоаттрибутивных методов принятия решений при проектировании бортовой системы космического аппарата позволяет учесть возрастающие тактико-технические требования к бортовой аппаратуре и перспективные тенденции развития современной электронно-вычислительной аппаратуры, а также значительно сократить время разработки и оптимизировать финансовые затраты [1].

В СППР реализуется модифицированный метод упорядоченного предпочтения через сходство с идеальным решением (TOPSIS), преимуществом которого является возможность решения задачи принятия решений при бесконечном числе альтернатив. Оба критерия – «наикратчайшее расстояние до позитивного идеального решения» и «наибольшее расстояние до негативного идеального решения» – заменяются на «как можно ближе к PIS» и «как можно дальше от NIS». Термины «как можно ближе» и «как можно дальше» – нечеткие, и, чтобы их смоделировать, применяются функции принадлежности из теории нечетких множеств: d_p^{PIS} (уступки) и d_p^{NIS} (поощрения) – расстояния до PIS и NIS соответственно.

Вместо k исходных целей будем использовать цели «минимизировать расстояние до PIS d_p^{PIS} » и «максимизировать расстояние от NIS d_p^{NIS} ». Получим задачу: $\min d_p^{\text{PIS}}(x); \max d_p^{\text{NIS}}(x), x \in X$.

В связи с тем, что эти две цели обычно конфликтуют друг с другом, невозможно одновременно достичь их индивидуального оптимума. Каждая цель достигает только части своего оптимума. При детальном рассмотрении функции принадлежности $\mu_1(x)$ и $\mu_2(x)$ – это две невозрастающие/неубывающие монотонные функции между точками экстремума $(d_p^{\text{PIS}})^*$ и $(d_p^{\text{NIS}})^*$. Функции $\mu_1(x)$ и $\mu_2(x)$ показывают степени предпочтения «как можно ближе к PIS» и «как можно дальше от NIS».

Компромиссное решение x^* достигается решением задачи $\max \{\min[\mu_1(x), \mu_2(x)]\}$.

Используемый fuzzy-метод фактически переформулирует задачу многоцелевого принятия решений как задачу нечеткого программирования. Пользователь получает возможность сгенерировать недоминируемое множество решений.

Реализуемый в предложенной системе метод учета неопределенности и субъективности оценок при выборе

недоминируемого решения учитывает не только неопределенность в оценках ЛПР, но и его интуитивные склонности относительно реальных характеристик атрибутов и их специфики [2].

Метод рассматривает m альтернатив, представляющих собой различные составы бортовой системы, из которых необходимо сделать выбор. Каждому выбору соответствует n значений атрибутов.

Согласно концепции «идеальной точки», обозначим через $A^*(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ «идеальную» альтернативу, для которой x_i^* предпочтительней $x_i^{(k)}$ (атрибут альтернативы $A^{(k)}$) для любых k и i . Отметим, что некоторые значения x_i^* могут и не соответствовать значениям атрибутов альтернатив $A^{(k)}$ рассматриваемого множества.

Обозначим субъективную оценку относительной важности каждого i -го атрибута с помощью нечеткого множества H_p, H_i описывается своей характеристической функцией вида $f_{H_i}: H_i \rightarrow [0, 1]$, которая характеризует предпочтительность $A^{(k)}$ по i -му атрибуту. Очевидно, что $f_{H_i}(x_i^*) = 1$, так как x_i^* – наилучшее возможное значение i -го атрибута.

Выбор альтернативы представляет собой попытку минимизировать «расстояние» между $A^{(k)}$ и A^* , которое является функцией субъективных предпочтений, характеризующих квалификацию, опыт практической работы, уровень знаний о предметной области, а также зависит от уровня информированности о представленном для выбора реальном множестве альтернатив в конкретной ситуации.

Благодаря сгенерированным коэффициентам в процессе выбора учитывается неопределенность, присущая данной задаче. Очевидно, что если для всех $x_i^{(k)}$ ($1 \leq k \leq m$) на этапе принятия решения информация о предпочтительности недоступна (скрыта), то неопределенность по i -му атрибуту становится относительно высока. Однако высокий уровень для $x_i^{(k)}$ и низкий для $x_i^{(l)}$, где $k \neq l$, снижает неопределенность по i -му атрибуту. В решающем алгоритме применяется наиболее часто используемая мера неопределенности – энтропия.

Чтобы выразить нечеткое множество H_p , определяется оценка степени принадлежности элемента $x_i^{(k)}$ этому нечеткому множеству. Это позволяет найти в дальнейшем неопределенность по i -му атрибуту как функцию энтропии e_i .

* Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (НИР НК-412П/25).

В расстоянии между двумя альтернативами весовые коэффициенты, зависящие от неопределенности, будут малы, если неопределенность высока. Определяем коэффициент сатисфакции по i -му атрибуту S_i . Когда неопределенность, соответствующая i -му атрибуту, высока, то e_i близко к 1 и коэффициент S_i мал.

При относительных весах по важности w_i , назначаемых ЛПР i -му атрибуту априори, можно определить весовой коэффициент, комбинирующий нечеткость и субъективную оценку.

Для того чтобы определить, насколько удалены друг от друга альтернативы $A^{(k)}$ и A^* введем функцию расстояния

$$\text{Dis}[A^*, A^{(k)}] = \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i \cdot (1 - f_{Hi}(x_i^{(k)})))^2}$$

Значение $\text{Dis}[A^*, A^{(k)}]$ соответствует среднеквадратичному отклонению $\text{Dis}^{(i)}$. Нашей целью является выбор альтернативы $A^{(k_0)}$, которая максимально близка к A^* :

$$\text{Dis}[A^*, A^{(k_0)}] = \text{Dis}_k^{\min}[A^*, A^{(k)}].$$

Процедура выбора недоминируемого решения, основанная на субъективных предпочтениях ЛПР, выглядит следующим образом.

Шаг 1. Назначение идеальной альтернативы. Предоставление пользователю всех имеющихся недоминируемых альтернатив.

Шаг 2. Назначение пользователем $f_{Hi}(x_i^{(k)})$ характеризующих предпочтительность k -й альтернативы по i -му атрибуту для $\forall k, i$. Назначение весовых коэффициентов w_i , определяющих относительную важность i -го атрибута.

Шаг 3. Определение наилучшей альтернативы путем выполнения следующих вычислительных процедур:

- расчет частных энтропий по каждому атрибуту $e_i \forall i$;
- расчет коэффициентов сатисфакции по каждому атрибуту $S_i \forall i$;
- расчет весовых коэффициентов S_i , комбинирующих нечеткость и субъективную оценку;
- расчет значений $\text{Dis}^{(i)}$ для $\forall i$, определяющих расстояние между k -й альтернативой и идеальной альтернативой по i -му атрибуту;
- расчет $\text{Dis}(A^*, A^{(k)})$;
- определение наилучшей альтернативы путем минимизации $\text{Dis}(A^*, A^{(k)})$.

Шаг 4. Предоставление ЛПР значения $\text{Dis}(A^*, A^{(k)})$ и соответствующего ему решения. Если полученное решение удовлетворяет ЛПР, то завершение, иначе – переход на Шаг 1 [3].

Рассмотрим концептуальную схему системы поддержки принятия решений, основанную на приведенных методах (см. рисунок).

Программное приложение реализовано на языке C++ с использованием средств визуального программирования приложений Borland C++ 5.0. Это позволило наиболее полно использовать возможности, предоставляемые объектно ориентированным подходом в программировании, а также наиболее качественно разработать графический интерфейс приложений, работающих под управлением операционной системы Microsoft Windows от версии 3.1 и выше.

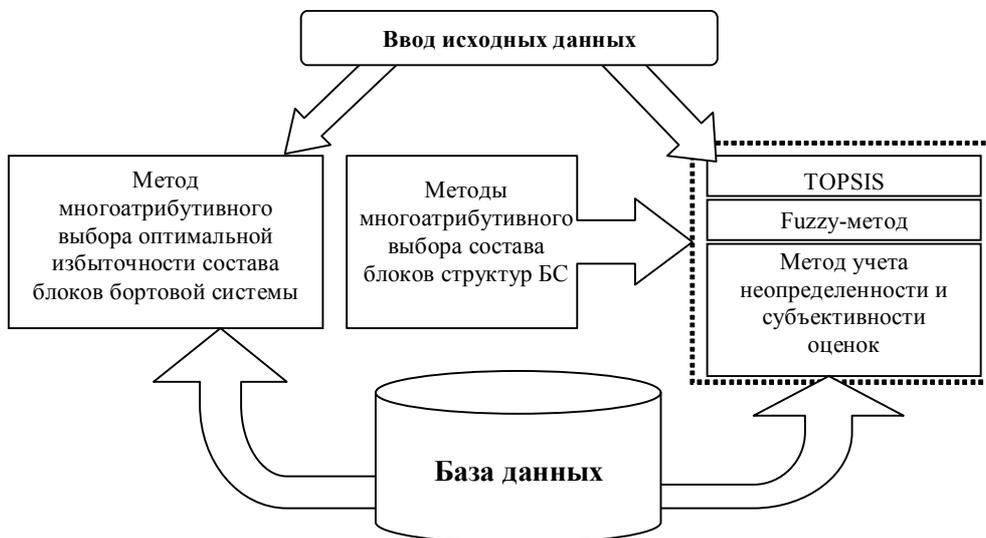
Система работает с пользователем (оператором) в интерактивном режиме. Пользователь сам выбирает метод вычисления. Также он может контролировать любые изменения параметров и изменять настройки системы и исходные данные.

Анализ работы СППР показал, что наилучшие результаты работы алгоритма проявляются при параметре $p = 2$.

Для исследования работы алгоритма fuzzy-метода в условиях поставленной задачи использовались различные начальные данные (значения стоимости и надежности предлагаемых блоков, требуемая глубина резервирования и др.). Проводится анализ работы метода в зависимости от таких данных, задаваемых ЛПР, как предпочтительность критериев и разность между суммой глобальных и действительных процентов достижимости по всем целям.

Fuzzy-метод генерирует недоминируемое решение на основании заложенной в него информации о следующих параметрах: количестве типов блоков; количестве вариантов каждого типа блоков; количестве и виде принятых к рассмотрению критериев эффективности; значении характеристик (в данном случае – стоимости и надежности) предлагаемых вариантов блоков; требуемой глубине резервирования блоков.

С помощью fuzzy-метода ЛПР, изменяя значения параметров, может получить недоминируемые решения,



Концептуальная схема СППР

из которых можно сформировать множества различной мощности. При необходимости в процесс формирования множества недоминируемых решений может включаться несколько экспертов.

Процедура метода учета неопределенности и субъективности оценок выделяет из этого множества одно решение, основываясь на индивидуальных предпочтениях ЛПР. Выбор среди нескольких альтернатив осуществляется, основываясь на значениях следующих параметров, заданных ЛПР: предпочтения альтернатив по каждому критерию f_{ni} ; весовых коэффициентов атрибутов w_i [4].

Проведенные исследования показывают, что увеличение мощности множества недоминируемых решений может вести к улучшению решения, однако с другой стороны, его увеличение нецелесообразно тогда, когда пользователь не в состоянии дать непротиворечивую оценку всем предоставленным ему альтернативам.

Библиографический список

1. Батищев, Д. И. Многокритериальный выбор с учетом индивидуальных предпочтений / Д. И. Батищев, Д. Е. Шапошников ; Ин-т прикл. физики Рос. акад. наук. Н. Новгород, 1994. 92 с.
2. Михалевич, В. С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем / В. С. Михалевич, В. Л. Волкович. М. : Наука, 1982. 286 с.
3. Антамошкин, О. А. Применение метода многоатрибутивного принятия решений для выбора состава бортовой системы обмена информацией / О. А. Антамошкин // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2005. Вып. 6. С. 96–99.
4. Shipley M. F. A Decision Making Model for Multi-Attribute Problems Incorporating Uncertainty and Bias Measures / M. F. Shipley, A. de Korvin, R. Obid. Houston : University of Houston-Downtown, 1990.

О. А. Antamoshkin

DECISION SUPPORT SYSTEM ON THE BASIS OF MULTIATTRIBUTE METHODS

In the paper the multiattribute methods of decision-making providing problem solving a choice of optimal structure of on-board system of a space crafts «Gonets-M» and «Glonas-M» at many criteria are presented. The algorithms realizing procedures of a multiattribute choice and the conceptual circuit of a decision support system on the basis of given methods are resulted.

Keywords: designing navigation companions and communication.

© Антамошкин О. А., 2009

УДК 519.866

М. А. Горбунов, А. В. Медведев, П. Н. Победаш, Е. С. Семенкин

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТЕГИИ МИРОВОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КАК ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ*

Описан подход к моделированию стратегии глобального социально-экономического развития на основе экономико-математической модели оптимального управления, учитывающей взаимодействие основных экономических агентов мировой социально-экономической системы (МСЭС) – производственного, потребительского, финансового секторов, а также управляющего центра (мирового правительства). Формулируется оптимизационная задача управления глобальным социально-экономическим развитием, анализируются основные принципы анализа, ограничения и целевые критерии.

Ключевые слова: глобальный экономический кризис, устойчивое развитие, математические модели оптимального управления.

В условиях глобального социально-экономического кризиса значительно возрос интерес к проблемам выживания человечества и сбалансированного развития мировой социально-экономической системы. Очевидно, что такое развитие требует согласования интересов

мирового производственного, потребительского и финансового секторов, а также участия единого управляющего центра (мирового правительства). В этой связи актуальной остается задача разработки математических моделей развития мировой экономики, учитывающих баланс ин-

*Работа выполнена при финансовой поддержке АВИЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (НИР 2.1.1/2710) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (НИР НК-136П/3).