

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ НЕЧЕТКИХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ВЫБОРА ВАРИАНТОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А.Г. КАЩЕНКО
Р.В. СЕМЕНОВ

ОАО «Концерн «Созвездие»,
г. Воронеж

e-mail:
antorai@mail.ru

Рассмотрена задача нечеткого многокритериального выбора вариантов построения информационно-телекоммуникационных систем, для решения которой используется доступная экспертная информация о качестве вариантов в виде парных сравнений.

Постоянное повышение требований к информационно-телекоммуникационным системам (ИТКС), совершенствование принципов их построения, необходимость одновременно учитывать большое число количественных, качественных и интервальных критериев обуславливает необходимость совершенствования методики выработки и принятия решений в задачах оценки и выбора вариантов ИТКС.

С позиций системного подхода задачи формирования и выбора вариантов ИТКС можно представить следующим набором информации:

$$\langle T, X, Q, A, F, G, L, M, N, C, P, S, D \rangle \quad (1)$$

В выражении (1) приняты следующие обозначения: T – постановка задачи (например, t_1 – сгенерировать варианты и выбрать наилучший вариант системы; t_2 – сгенерировать и выбрать вариант, наиболее близкий по свойствам к заданному техническому заданию или прототипу; t_3 – сгенерировать варианты и упорядочить весь набор вариантов по степени сходства к заданному объекту и др.); X – множество допустимых альтернатив для реализации обобщенных функциональных подсистем; Q – множество критериев оценки альтернатив и выбора варианта системы; A – множество методов измерения предпочтений альтернатив; F – отображение множества допустимых альтернатив, реализующих функции в множество критериальных оценок; G – система предпочтений решающего элемента L – способы исследования системы; M – методы оценивания вариантов; N – процедуры выбора вариантов; C – вид целевой функции; P – число рассматриваемых уровней системы; S – уровень формализации постановки и решения задачи; D – решающее правило, отражающее систему предпочтений.

Основные этапы методики формирования и выбора варианта ИТКС представлены на рис. 1.

Особенность реализованного подхода состоит в том, что генерация вариантов осуществляется морфологическим методом [3], а отбор лучших решений проводится с помощью комплекса алгоритмов решения задач многокритериального выбора (МКВ) [1]. В комплекс алгоритмов МКВ входят следующие алгоритмы: на основе модифицированного МАИ для решения задачи t_1 ; на основе модифицированного метода упорядочения предпочтений через сходство с идеальным решением (ММУП) для решения задачи t_2 теории нечетких множеств (НМ); на основе оценок необходимого и возможного уровней соответствия (ОНВУС) вариантов заданным требованиям для решения задачи t_3 и др.

Анализ большого количества альтернативных вариантов является наиболее сложной проблемой при проектировании ИТКС. В качестве одного из путей решения этой проблемы предлагается использовать алгоритм выбора, построенный на основе теории нечетких множеств.

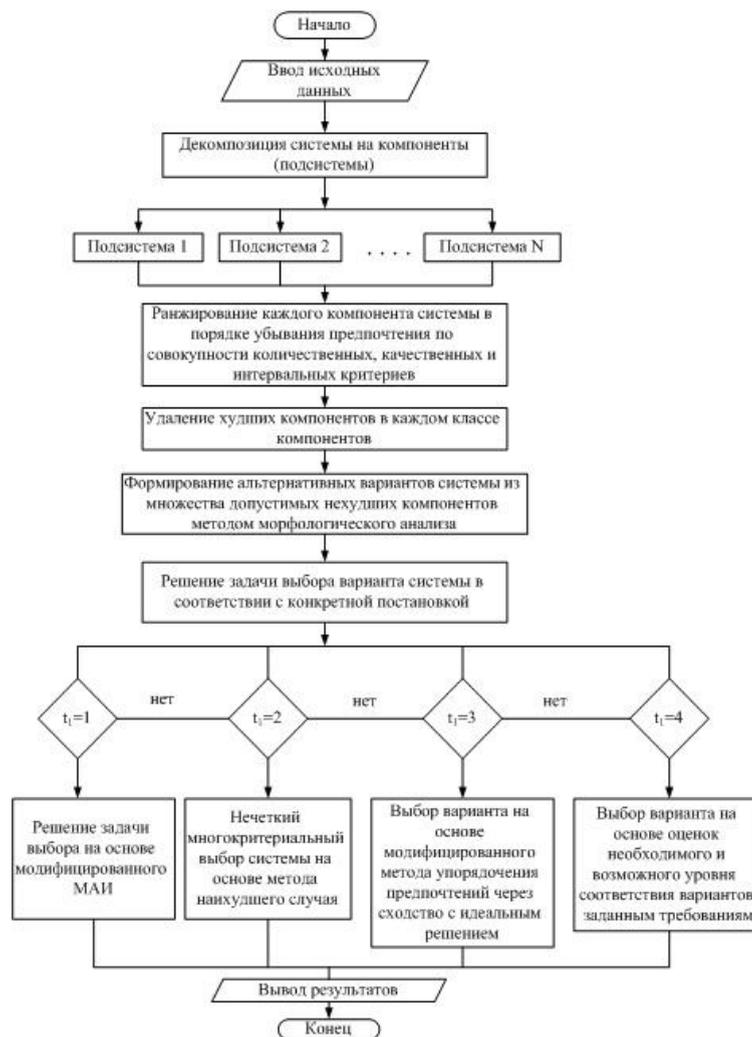


Рис. 1. Обобщенная схема методики формирования и выбора варианта ИТКС

Методика решения задачи нечеткого многокритериального выбора вариантов ИТКС включает следующие основные шаги [2, 5]:

1 шаг. Представление критериев как нечётких множеств, заданных на универсальных множествах вариантов с помощью функций принадлежности.

2 шаг. Определение функций принадлежности нечётких множеств на основе экспертной информации о парных сравнениях вариантов с помощью 9-бальной шкалы Т. Саати.

3 шаг. Ранжирование вариантов на основе пересечения нечётких множеств-критериев, которые отвечают известной в теории принятия решений схеме Беллмана – Заде [2].

4 шаг. Ранжирование критериев методом парных сравнений и учёт полученных рангов как степеней концентраций соответствующих функций принадлежности.

Здесь критерий $q_l \in Q$ можно представить в виде нечёткого множества \tilde{q}_l , которое задано на универсальном множестве S таким образом

$$\tilde{q}_l = \{ \mu^l(s_1)/s_1, \mu^l(s_2)/s_2, \dots, \mu^l(s_n)/s_n \} \quad (2)$$

где $\mu^l(s_i)$ – степень принадлежности элемента s_i к нечёткому множеству \tilde{q}_l .

Для определения степени принадлежности, которые входят в формулу (1), формулируются матрицы парных сравнений (МПС) вариантов по каждому критерию, общее количество которых равняется m . Элемент МПС m_{ij}^l оценивается экспертами по 9-бальной шкале Т. Саати [4]. При

наличии свойств симметричности и транзитивности в работе [5] предложено вычислять степени принадлежности по формуле

$$\mu^l(s_i) = 1 / (m^l_{1i} + m^l_{2i} + \dots + m^l_{ni}). \quad (3)$$

Нечеткое множество \tilde{D} , которое необходимо для выбора наилучшего варианта ИТКС, определяется как

$$\tilde{D} = \left\{ \min_{l=1,m} [\mu^l(s_1)]^{w_l} / s_1, \min_{l=1,m} [\mu^l(s_2)]^{w_l} / s_2, \dots, \min_{l=1,m} [\mu^l(s_n)]^{w_l} / s_n \right\} \quad (4)$$

где w_1, w_2, \dots, w_m – коэффициенты относительной важности критериев q_1, q_2, \dots, q_m . Для определения коэффициентов w_l , $l = 1, 2, \dots, m$, необходимо сформировать МПС важности критериев $q_l \in Q$ и в случае ее обратной симметричности и транзитивности воспользоваться формулой (3).

В итоге наилучшим вариантом ИТКС в конкретном случае следует считать ту, у которой наибольшая степень принадлежности

$$\mu_D(s^*) = \max_{i=1,2,\dots,n} \mu_D(s_i) \quad (5)$$

В качестве примера выбора варианта ИТКС в нечетких условиях на основе приведенного алгоритма рассмотрим сравнение трех альтернативных вариантов ИТКС (s_1, s_2, s_3) . Для оценки эффективности систем воспользуемся следующими критериями: q_1 – качество телекоммуникационных услуг (ТКУ); q_2 – масштабируемость; q_3 – затраты; q_4 – программно-аппаратная сложность; q_5 – объем рынка оборудования; q_6 – совместимость и модифицируемость.

Экспертные сравнения систем s_1, s_2, s_3 по критериям $q_1 - q_6$ следующие: по q_1 – отсутствие преимущества s_1 над s_2 , существенное преимущество s_3 над s_4 ; по q_2 – почти существенное преимущество s_1 над s_3 , слабое преимущество s_2 над s_3 ; по q_3 – существенное преимущество s_1 над s_2 , явное преимущество s_1 над s_3 ; по q_4 – слабое преимущество s_2 над s_1 , почти слабое преимущество s_3 над s_1 ; по q_5 – существенное преимущество s_1 над s_2 , почти явное преимущество s_1 над s_3 ; по q_6 – почти существенное преимущество s_1 над s_2 , почти слабое преимущество s_3 над s_1 . Данным экспертным высказываниям соответствуют шесть МПС.

Относительную важность критериев $q_1 - q_6$ определяем с помощью следующих экспертных высказываний: почти существенное преимущество q_2 над q_1 ; явное преимущество q_3 над q_1 ; слабое преимущество q_3 над q_5 ; почти слабое преимущество q_4 над q_6 ; отсутствие преимущества q_5 над q_6 . Для этих экспертных высказываний также строится МПС для определения относительной важности критериев. После вычислений получаем следующие ранги критериев $q_1 - q_6$: $W_1 = 0.04$; $W_2 = 0.19$; $W_3 = 0.33$; $W_4 = 0.22$; $W_5 = 0.11$; $W_6 = 0.11$. Наибольшую важность имеют критерии q_3 и q_4 .

Тогда, согласно (1), получаем:

$$\begin{aligned} \tilde{q}_1 &= \{0.91/s_1; 0.91/s_2; 0.98/s_3\}, \\ \tilde{q}_2 &= \{0.88/s_1; 0.83/s_2; 0.68/s_3\}, \\ \tilde{q}_3 &= \{0.91/s_1; 0.53/s_2; 0.48/s_3\}, \\ \tilde{q}_4 &= \{0.68/s_1; 0.86/s_2; 0.79/s_3\}, \\ \tilde{q}_5 &= \{0.97/s_1; 0.81/s_2; 0.79/s_3\}, \\ \tilde{q}_6 &= \{0.88/s_1; 0.76/s_2; 0.95/s_3\}. \end{aligned}$$

После выполнения операции пересечения нечетких множеств $q_1 - q_6$ окончательно получим $\tilde{D}_1 = \{0.68/s_1; 0.53/s_2; 0.48/s_3\}$ что свидетельствует о существенном преимуществе системы

S_1 над системами S_2 и S_3 , а также о наличии слабого преимущества системы S_2 над системой S_3

При реализации рассмотренного алгоритма используется доступная квалифицированным экспертам лингвистическая информация о качестве вариантов в виде парных сравнений. В отличие от метода Т. Саати при согласованных парных сравнениях рассмотренная процедура решения задачи нечеткого многокритериального выбора вариантов ИТКС не требует выполнения трудоемких вычислительных процедур, связанных с нахождением собственного вектора.

Литература

1. Нечаев Ю.Б. Формирование и выбор вариантов инфотелекоммуникационных систем на основе морфологического и иерархического подходов / Ю.Б. Нечаев, А.Г. Кашенко, Г.А. Кашенко, Р.В. Семенов, О.В. Николаев // Компьютерные науки и технологии: сборник трудов Второй Международной научно-технической конференции. 3-5 октября 2011 г. Белгород. – Белгород: ООО «ГиК», 2011. С. 288 -293.
2. Беллман Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976. – 132 с.
3. Одрин В.М. Морфологический анализ систем. / В.М. Одрин, В.В. Картавов // Киев: Наукова думка, 1977. – 183 с.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
5. Rotshtein A.P. Modification of Saaty Method for the Construction of Fuzzy Set Membership functions // Proc. of the Intern. Conf. «Fuzzy Logic and its Applications», Zichron, Israei, 1997. – P. 87–101.

TECHNIQUE OF THE DECISION INDISTINCT MULTICRITERION CHOICE TASKS OF VARIANTS OF THE INFORMATION-TELECOMMUNICATION SYSTEMS

A.G.KASHENKO R.V.SEMENOV

JSC «Sozvezdie» Concern», Voronezh

*e-mail:
antora1@mail.ru*

The task of indistinct multicriterion choice of variants of construction of information-telecommunication systems for which decision the accessible expert information on quality of variants in the form of pair comparisons is used is considered.