

УДК 519.21.681

ВЕРБАЛЬНЫЙ МЕТОД СМЕШАННЫХ НЕЧЕТКИХ ОЦЕНОК В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

А. А. Стенин

Доктор технических наук, профессор*

E-mail: alexander.stenin@yandex.ru

М. М. Ткач

Кандидат технических наук, профессор*

E-mail: mm.tkach77@mail.com

А. Н. Губский

Аспирант*

E-mail: andrew.gubskiy@gmail.com

В. В. Курбанов

Аспирант*

E-mail: azatotaza@gmail.com

*Кафедра технической кибернетики

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

пр. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056

Дана стаття присвячена проблемі прийняття рішень в умовах невизначеності. Для прийняття рішень запропоновано метод змішаних нечітких оцінок, що дозволяє на відміну від відомих методів уникнути трудомісткої процедури попарного порівняння альтернатив. В основі методу лежить вербальний аналіз, що дозволяє на природній мові «спілкуватися» з інтелектуальною системою підтримки прийняття рішень

Ключові слова: вербальний аналіз, прийняття рішень, функція корисності, нечіткі оцінки, шкали відповідності

Данная статья посвящена проблеме принятия решений в условиях неопределенности. Для принятия решений предложен метод смешанных нечетких оценок, позволяющий в отличие от известных методов избежать трудоемкой процедуры попарного сравнения альтернатив. В основе метода лежит вербальный анализ, позволяющий на естественном языке «общаться» с интеллектуальной системой поддержки принятия решений

Ключевые слова: вербальный анализ, принятие решений, функция полезности, нечеткие оценки, шкалы соответствия

1. Введение

В данной статье рассматриваются задачи принятия решений в условиях неопределенностей. Неопределенности принято разделять на три класса [1]:

- неопределенности, связанные с неполнотой знаний о проблеме, по которой принимается решение;
- неопределенности, связанные с невозможностью точного учета реакции окружающей среды на наши действия;
- неопределенности, связанные с неточным пониманием целей лицом, принимающим решение.

Свести задачи с подобными неопределенностями к точно поставленным целям крайне трудно и почти невозможно [2]. Для этого надо «снять» неопределенности. Одним из распространенных способов снятия является субъективная оценка специалиста (эксперта, руководителя), определяющая его предпочтения. Субъективная оценка оказалась в настоящее время единственно возможной основой объединения разнородных физических параметров решаемой проблемы в единую модель, позволяющую оценивать варианты решений. Учет фактора субъективности лицо принимающее решение (ЛПР) в принятии решения нарушает фундаментальный принцип методологии исследования операций: поиск объективно оптимального решения. Признание права ЛПР на субъективность решения есть признак появления новой парадигмы, характерной для другого научного направления – принятия решений при многих критериях [3, 4]. С

другой стороны, при принятии решений по многим критериям существует и объективная составляющая. Обычно эта составляющая включает в себя ограничения, накладываемые внешней средой на возможные решения (наличие ресурсов, временные ограничения, экологические требования, социальная обстановка и т. п.).

Проблемы принятия решений принято делить на хорошо структурированные, слабоструктурированные и неструктурированные [5]. В хорошо структурированных проблемах существенные зависимости между основными характеристиками могут быть выражены количественно. Неструктурированные проблемы характеризуются тем, что в их описании преобладают качественные факторы, трудно поддающиеся формализации, а количественные зависимости между этими факторами обычно не определены. Промежуточное положение занимают слабоструктурированные проблемы, сочетающие количественные и качественные зависимости, причём неопределённость имеет доминирующую составляющую. Наиболее сложными и характерными в работе современных предприятий и организаций являются неструктурированные проблемы принятия решений. Эти проблемы являются проблемами уникального выбора в том смысле, что каждый раз проблема либо является новой для ЛПР, либо обладает новыми особенностями по сравнению со встречавшейся ранее подобной проблемой [6, 7].

2. Постановка задачи

Пусть A_1, A_2, \dots, A_n – множество альтернатив. Альтернативы могут быть заданы или не заданы на момент принятия решения.

K_1, K_2, \dots, K_n – критерии оценки альтернатив, которые представляют собой словесные градации качества. $X_q = x_q^1, \dots, x_q^m$ где $q = \overline{1, N}$, m – множество значений оценок, или иначе шкала критерия. Для дискретных шкал число градаций конечно и обычно невелико: $m = 2:5$ [8]. Для непрерывных шкал $m \rightarrow \infty$, но в данной работе они не рассматриваются. Дискретные шкалы упорядочиваются по убыванию (x_q^1 – лучшая, x_q^m – худшая).

Полезность i -ой альтернативы A_i в многокритериальной задаче обозначим через $U(A_i)$. Иногда допускается, что $U(A_i) = U(A_j)$, хотя в общем случае $U(A_i) \neq U(A_j)$.

Введём классы решений C_1, C_2, \dots, C_m , заданные и упорядоченные по качеству (от лучшего к худшему).

Если $U(A_i) \in C_u$, а $U(A_j) \in C_v$ и $u < v$, то $U(A_i) > U(A_j)$.

Практическое решение многокритериальной задачи заключается в следующем:

1. Проранжировать альтернативы по качеству, по значению априорно неизвестной функции полезности ЛПР.

2. Отнести альтернативы к упорядоченным по качеству классам решений.

3. Выделить одну лучшую альтернативу, т. е. альтернативу с наибольшим значением функции полезности.

3. Анализ существующих решений

Методы, используемые для решения задачи принятия решения, основываются на различных методологических подходах. В данной статье в качестве основной выбрана методология вербального анализа и принятия решений [9]. Наиболее существенная черта вербального анализа решений как научного направления, отличающая его от других известных методологических подходов в теории принятия решений, состоит в использовании нечисловой (качественной) информации. Другими особенностями вербального анализа решений являются получение информации от ЛПР на привычном для него языке; проверка информации от ЛПР на непротиворечивость; обеспечение для ЛПР возможностей поэтапного формирования предпочтений путём «проб и ошибок»; логическое обоснование вида решающего правила; возможность объяснения полученного решения.

В сочетании с известным научным подходом в теории принятия решений MAUT (Multi-Attribute Utility Theory) [10], основой реализации вербального подхода к принятию решений является построение функции полезности $U(A_i)$, имеющей аксиоматическое обоснование и решающего правила для любых гипотетических возможных альтернатив.

Использование вербального подхода предполагает определение некоторых условий (аксиом), которым должна удовлетворять функция полезности ЛПР. Эти условия можно разделить на две группы. Первая группа – аксиомы общего характера. Это аксиомы полноты и транзитивности полезности альтернатив. Вторая

группа определяется аксиомами независимости, позволяющим утверждать, что некоторые соотношения между оценками альтернатив по критериям не зависят от значений по другим критериям. Используя данные аксиомы и зная диапазон изменения оценок по каждому критерию, можно построить многокритериальную функцию полезности, определяющую полезность для ЛПР каждой оценки из этого диапазона. Максимальное значение этой функции полагается равным единице, а минимальное – нулю. Для построения однокритериальной функции полезности используются методы лотерей [11], линейной свёртки [9] и др. Необходимо отметить, что вербальный анализ решений для математической обработки результатов экспертных оценок не исключает возможности применения шкал соответствия качественных показателей количественным.

Методы вербального анализа решений имеют психологическое обоснование. Прежде всего, они требуют использования только такой информации о предпочтениях ЛПР, которая, согласно результатам психологических исследований, считается надёжной [11]. Кроме того, информация, получаемая от ЛПР, должна проверяться на непротиворечивость, а выявленные противоречия – предъявляться ему для анализа, объяснения и исправления.

Многочисленные психологические эксперименты показывают, что наиболее распространённым оказался метод попарного сравнения альтернатив и исключение доминируемых. Прежде всего, отметим, что такой подход типичен для людей, делающих выбор в повседневной жизни без использования компьютеров [12].

В рамках подхода вербального анализа решений в работе [8] был предложен метод ПАРК, ориентированный на выбор лучшей из группы заданных многокритериальных альтернатив путём попарного сравнения.

Несмотря на широкое использование, метод ПАРК имеет существенные ограничения [9]:

- он предназначен для проблем выбора с 3-5 альтернативами;
- шкалы критериев имеют только вербальные оценки;
- предположения о возможных операциях получения информации ЛПР не подкреплены данными психологических исследований.

Аналогичными недостатками обладают СППР, построенные по методам ЗАПРОС [13], ОРКЛАСС [8], ШНУР [14] и др. Для устранения указанных недостатков ниже предлагается метод смешанных нечетких оценок.

4. Метод смешанных нечетких оценок

Пусть признаки, формирующие альтернативы A_i , содержат как числовые (количественные), так и лингвистические переменные (качественные). При этом каждой переменной ставится в соответствие функция принадлежности. При этом для оценки предпочтений будем использовать универсальную шкалу $[0,1]$. Другими словами, для множества $x \in [0,1]$ и функции принадлежности $\mu: x \rightarrow [0,1]$ нечеткое множество определяется как

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}. \quad (1)$$

Функция принадлежности (1) количественно градуирует принадлежность элементов множества альтернатив A , определяется $x \in A$ нечёткому множеству \tilde{A} , с нормированными переменными \tilde{x} . Значение 0 означает, что элемент не включает нечёткое множество, а 1 – элемент полностью описывается данным множеством. Среди наиболее известных и используемых функций принадлежности [14] наиболее удобной и универсальной для рассматриваемых переменных оказывается функция вида:

а) для max–min шкалы предпочтений A_j альтернативы – рис. 1.

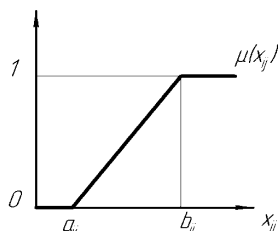


Рис. 1. Шкала предпочтения альтернативы

$$\mu(x_{ij}) = \begin{cases} 0, x < a_{ij} \\ \frac{x_{ij} - a_{ij}}{b_{ij} - a_{ij}}, a_{ij} \leq x \leq b_{ij} \\ 1, x > b_{ij} \end{cases} \quad (2)$$

где $a_{ij} = x_{\min_{ij}}$; $b_{ij} = x_{\max_{ij}}$;

б) для min–max шкалы предпочтений A_j альтернативы – рис. 2.

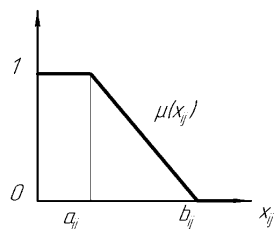


Рис. 2. Шкала предпочтения альтернативы

$$\mu(x_{ij}) = \begin{cases} 1, x < a_{ij} \\ \frac{b_{ij} - x_{ij}}{a_{ij} - b_{ij}}, a_{ij} \leq x \leq b_{ij} \\ 0, x > b_{ij} \end{cases} \quad (3)$$

где $a_{ij} = x_{\min_{ij}}$; $b_{ij} = x_{\max_{ij}}$.

Формальный анализ и принятие решения состоит из двух этапов.

Первый этап заключается в следующем:

1. Осуществляется нормирование оценок сравниваемых альтернатив на основании формул (1) и (2):

- для всех количественных оценок находится значение max и min значения рассматриваемой переменной;

- для всех лингвистических (качественных) оценок определяется максимальный и минимальный номер;

2. Для всех альтернатив согласно линейной свертки критериев подсчитывается сумма значений всех критериев с учетом их значимости. Победителем является альтернатива, набравшая наибольшую сумму.

Второй этап состоит в ранжировании альтернатив в порядке убывания их сумм. Победившая альтернатива на основании принципа Кондорсе [13, 14] объявляется потенциально лучшей альтернативой (ПЛА). Поскольку последнее слово остаётся за ЛПР, ранжирование в порядке убывания обеспечивает постепенное возрастание трудностей сравнения для ЛПР.

5. Практический пример

Покажем реализацию данного метода на следующем примере. Пусть для некоторой компьютерной фирмы необходимо построить магазин для сбыта своей продукции. Для наглядности примем равноценную значимость критериев и возьмем небольшое количество альтернатив, хотя по сравнению с указанными ранее вербальными методами ПАРК, ШНУР, ОРКЛАСС и др. их количество может быть большим, т. к. в нём исключается процедура попарного сравнения.

Предварительный анализ показал, что имеется четыре возможных места постройки магазина (альтернативы var1 – var4). При решении задачи выбора правление фирмы решило руководствоваться следующими критериями: цена места, плотность населения в радиусе 1 км, наличие конкурентов, инфраструктура связей, количество мест для парковки автомашин, доступность места при помощи общественного транспорта и заметность магазина с ближайшей крупной улицы. Экспертные оценки занесены в табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица оценок

x_{ij}	Альтернативы	var .1.	var. 2.	var. 3.	var.4.
	Переменные				
x_{1j}	Количество мест для автопарковки, max	400	300	250	150
x_{2j}	Наличие конкурентов, min	1 (мало)	5 (много)	3 (средне)	5 (много)
x_{3j}	Плотность населения в радиусе 1 км, max	200	4500	6000	7000
x_{4j}	Цена места, млн. грн., min	6	16	12	20
x_{5j}	Поток общественного транспорта, max	1 (низкий)	3 (средний)	5 (высокий)	7 (очень высокий)
x_{6j}	Видимость главной улицы, max	5 (хорошая)	5 (хорошая)	3 (средняя)	1 (плохая)
x_{7j}	Инфраструктура связей, max	3 (средняя)	3 (средняя)	5 (хорошая)	7 (очень хорошая)

Далее, применяя формулы (2) и (3), пронормируем переменные x_{ij} , переходя к нечётким оценкам \tilde{x}_{ij} , и занесём их значения в табл. 2.

Таблица 2

Сводная таблица нормированных оценок

Альтернативы Переменные	var. 1.	var. 2.	var. 3.	var. 4.
\tilde{x}_{1j}	1	0.6	0.4	0.0
\tilde{x}_{2j}	1	0.33	0.66	0.33
\tilde{x}_{3j}	0	0.63	0.85	1
\tilde{x}_{4j}	1	0.285	0.57	0
\tilde{x}_{5j}	0	0.33	0.66	1
\tilde{x}_{6j}	0.66	0.66	0.33	0
\tilde{x}_{7j}	0.33	0.33	0.66	1
$\sum_{i=1}^7 x_{ij}$	3.99	3.165	4.13	3.33

Таким образом, потенциально лучшей альтернативой ПЛА является альтернатива var.3. Представляет интерес для ЛПР и альтернатива var.1.

6. Выводы

В основе решения многокритериальной задачи принятия решений лежит линейная свертка критериев с весовыми коэффициентами, определяемыми с помощью известных экспертных методов. При этом количественные и вербальные оценки на основе функций полезности приводятся к единой нормированной шкале соответствия.

Полученные данным методом результаты полностью совпадают с результатами других известных вербальных методов, в частности, с методом ПАРК, что подтверждается приведенным практическим примером.

Однако, применение данного метода при большом количестве альтернатив и критериев разной физической природы существенно уменьшает объем вычислений за счет исключения процедуры попарного сравнения всех альтернатив по всем критериям.

Литература

1. Моисеев, Н. Н. Предисловие к книге С. А. Орловского Проблемы принятия решений при нечёткой исходной информации / Моисеев Н. Н. // М.: Наука, 1981. – 208 с.
2. Белкин, А. Р. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации [Текст] / А. Р. Белкин, М. Ш. Левин // М.: Наука. 1990 – 160 с.
3. Трахтенгерц, Э. А. Компьютерная поддержка решений [Текст] / Э. А. Трахтенгерц // Серия «Информатизация России на пороге XXI века – М.: Синтез, 1988 – 376 с.
4. Кун, Т. Структура научных революций [Текст] / Т. Кун // М.: Прогресс. – 300 с.
5. Бодров, В. И. Математические методы принятия решений / В. И. Бодров // Таганрог. ТГТУ. 2004. – 124 с.
6. Горюнов, Ю. Ю. Теория и методы принятия решений [Текст] / Горюнов Ю. Ю. // Ростов: РГУИТ. – 50 с.
7. Эддоус, М. Методы принятия решений [Текст] / М. Эддоус // М.: Изд. Аудит, ЮНИТИ.
8. Книги, Р. Л. Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения [Текст] / Р. Л. Книги, Х. Райфа // М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.
9. Ларичев, О. И. Вербальный анализ решений [Текст] / О. И. Ларичев // М.: Наука.
10. Кулинич, А. А. Метод поддержки генерации структурных решений для управления в слабоструктуризованных ситуациях [Текст] / А. А. Кулинич // КИИ – 2004: Труды конференции. В 3-х т. Т.Ч.- М.: Физматлит, 2004.- С. 842 – 852 с.
11. Ларичев, О. И. Объективные модели и субъективные решения [Текст] / О. И. Ларичев // М.: Наука, 1987.
12. Андреева, Г.М. Социальная психология – М.: Изд. [Текст] / Г.М. Андреева // Аспект Пресс. 2001. – 384 с.
13. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах [Текст] / О. И. Ларичев // М.: Логос, 2002. – 392 с.
14. Ларичев, О. И. Качественные методы принятия решения / О. И. Ларичев, Е. М. Мошквич // М.: Наука. Физматлит, 1996. – 208 с.