УДК 519.81

К.Э. Петров

Харьковский национальный университет внутренних дел, Украина, kept@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ И ИХ РАНЖИРОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Рассматривается решение задачи определения многокритериальных оценок альтернатив в ситуациях, когда переменные модели оценивания характеризуются интервальной неопределенностью. Предложен метод ранжирования альтернативных вариантов решений на основе полученных нечетких интервальных оценок с помощью разбиения их на α -уровни.

МОДЕЛЬ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ, ПОЛИНОМ КОЛМОГОРОВА-ГАБОРА, НЕЧЕТКИЙ ИНТЕРВАЛ, α -УРОВЕНЬ

Введение

Практически любой вид человеческой деятельности связан, так или иначе, с выбором ”наилучшего”, с точки зрения некоторых критериев, решения из допустимых альтернативных вариантов. Поэтому формализация интеллектуального процесса выбора наиболее эффективных решений является одной из самых актуальных проблем современности.

Одним из важнейших с практической точки зрения классом задач выбора являются многокритериальные задачи, в которых ”качество” принимаемого решения оценивается по нескольким критериям одновременно. Успешное решение таких задач невозможно без использования различного рода информации о предпочтениях лица, принимающего решение (ЛПР). При этом в силу особенностей процесса синтеза интеллектуальных моделей главным источником такой информации являются сведения ЛПР об относительной важности критериев. Однако прежде чем использовать эту информацию, необходимо выяснить, что она собой представляет.

Ключевым этапом решения проблемы выбора является определение оценок альтернативных вариантов решений, которые позволяют сравнивать их между собой по ”качеству” (так называемая задача многокритериального оценивания).

Один из общепринятых подходов, который используется для решения этой задачи, состоит в формировании обобщенной скалярной оценки, учитывающей все разнородные частные критерии, для каждой из альтернатив. Реализация этого подхода сопряжена со значительными трудностями, которые связаны со структурной и параметрической идентификацией модели формирования такой обобщенной оценки.

Информация об относительной важности частных критериев, полученная от ЛПР и экспертов, чаще всего носит более или менее неопределенный характер, что еще больше затрудняет процесс построения формальной модели оценивания. Для формализации интервальной неопределенности параметров и переменных синтезируемой модели обычно используют их представление в виде случайных, нечетких или интервальных величин. Общим для перечисленных выше форм представления неопределенности является то, что они обязательно характеризуются интервалами возможных значений переменных, а отличие состоит в способе задания предпочтительности этих возможных значений внутри интервала.

В настоящее время при решении практических задач для оперирования с неопределенностью наиболее часто используются методы теории нечетких множеств, а также интервального анализа.

Цель настоящей статьи состоит в разработке подхода к получению оценок альтернатив и их последующему ранжированию в ситуации, когда параметры модели многофакторного оценивания и критерии, по которым оцениваются альтернативные варианты решений, характеризуются интервальной неопределенностью.

1. Постановка задачи

Пусть имеется некоторое ограниченное множество допустимых вариантов альтернативных решений $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$. Каждая альтернатива $x_i \in X$, $i = \overline{1,n}$ оценивается кортежем частных критериев (факторов) $K(x_i) = \langle k_1(x_i), k_2(x_i), ..., k_m(x_i) \rangle$, которые допускают их объективное количественное измерение.

В соответствии с основными гипотезами теории полезности каждой альтернативе x_i, $i = \overline{1,n}$ можно поставить в соответствие некоторую обобщенную многофакторную оценку $P(x_i)$, выражающую ее ”полезность” для ЛПР. Математическую модель такой обобщенной оценки (функции полезности), в общем виде, можно представить следующим образом

$$P(x_i) = F[A, K(x_i)], \ i = \overline{1,n},$$

где $A = \langle a_1, a_2, ..., a_t \rangle$ — кортеж параметров модели (коэффициенты относительной важности частных критериев и их комплексов).

Задача состоит в определении значений обобщенных оценок альтернатив $P(x_i)$, $i=\overline{1,n}$ в ситуации, когда параметры модели многофакторного оценивания, а также частные критерии характеризуются различного рода интервальной неопределенностью и в последующем ранжировании альтернатив по степени их "полезности" для ЛПР в соответствии с полученными оценками.

2. Определение значений многофакторных оценок в условиях интервальной неопределенности переменных

В общем случае модель многофакторного оценивания, как показано в работе [1], может быть адекватно представлена в виде некоторого фрагмента полинома Колмогорова—Габора:

$$P(x_i)=a_0+\sum_{j=1}^{m}a_j k_j^N(x_i)+\sum_{j=1}^{m}\sum_{q=1}^{m}a_{jq}k_j^N(x_i)k_q^N(x_i)+$$
$$+\sum_{j=1}^{m}\sum_{q=1}^{m}\sum_{r=1}^{m}a_{jqr}k_j^N(x_i)k_q^N(x_i)k_r^N(x_i)+\ldots, \quad (1)$$

где $k_j^N(x_i)$ — нормированные значения частных критериев, т. е. безразмерные, с единым интервалом изменения, и инвариантные к направлению доминирования; a_j, a_{jq}, ... — безразмерные коэффициенты относительной важности частных критериев и их комплексов (произведений). Выбор именно такой структуры модели связан с тем, что с помощью многочлена (1) можно реализовать как традиционные аддитивные и мультипликативные, так и различные более сложные формы функций полезности.

Рассмотрим процесс идентификации и формализации параметров модели (1).

Параметры модели могут быть получены с помощью непосредственного опроса экспертов. На основе своего опыта и интуиции они часто могут достаточно уверенно количественно охарактеризовать интервалы допустимых значений параметров, а также области их наиболее предпочтительных значений. Получить же от экспертов более детальную информацию о распределении предпочтений внутри интервалов достаточно затруднительно. Это связано с тем, что для получения достоверных статистических характеристик распределения значений параметров внутри интервала необходимо достаточно большое количество экспертов, что чаще всего недостижимо. Поэтому формализация интервальной неопределенности в виде случайных величин на практике оказывается проблематичной. Попытки формализовать интервальную неопределенность в виде нечетких величин также наталкиваются на ряд трудностей, связанных прежде всего с необходимостью получения от экспертов конкретной информации о форме функции принадлежности значений нечеткому интервалу.

Параметры модели многофакторного оценивания в точечном или интервальном виде могут быть также получены в ходе реализации различных косвенных методов их параметрической идентификации (наблюдение за поведением экспертов без непосредственного контакта). Например, в [1] описаны методы получения интервальных параметров с помощью метода компараторной параметрической идентификации.

Как показала практика, наиболее адекватной формой представления интервальной неопределенности является ее формализация в виде нечетких чисел и интервалов. Кроме того, к такой форме можно привести значения параметров, заданных в виде случайных величин и четких интервалов. Возможные способы трансформации указанных величин рассмотрены в [2, 3].

Формализацию интервальных групповых предпочтений на основе множества индивидуальных точечных оценок можно осуществить следующим образом.

Пусть для каждого весового коэффициента a_s, $s=\overline{1,t}$ известен набор точечных значений (оценка j-ого эксперта s-ой частной характеристики или комплекса характеристик) $0\le a_{ij}\le 1$, $s=\overline{1,t}$, $j=\overline{1,k}$.

Чтобы определить интервалы возможных значений для каждого a_s, $s=\overline{1,t}$ необходимо определить их нижние и верхние границы:

$$a_s = \min_j a_{sj},\ a_s = \max_j a_{sj},\ s=\overline{1,t},\ j=\overline{1,k}.$$

Таким образом, для каждого весового коэффициента получим интервал:

$$a_s \le a_s \le a_s,\ s=\overline{1,t}. \quad (2)$$

Полученную от экспертов информацию предлагается формализовать в виде нечеткого числа либо интервала [4]. Для этого необходимо определить функцию принадлежности $\mu(a_s)$ различных значений переменной a_i нечеткому множеству.

Учитывая, что функция принадлежности является отражением субъективных эвристических представлений экспертов, а ее объективный вид неизвестен, из всего многообразия наиболее часто используемых в настоящее время форм [2, 4, 5] (гауссовой, колоколообразной, сигмоидальной, треугольной и трапециевидной) целесообразно выбрать наиболее простые — треугольную и трапециевидную.

В качестве основания нечеткого числа используем интервал (2), а его ядра m_{si} — это модальное значение a_s на интервале (2). Если модальных значений m_{si}, $i=\overline{1,r}$ несколько, в качестве ядра нечеткого интервала выбираем (см. рис. 1 и рис. 2):

$$m_s = \min_i m_{si},\ m_s = \max_i m_{si},\ s=\overline{1,t},\ i=\overline{1,r}.$$

Формализацию интервальных групповых предпочтений на основе множества индивидуальных интервальных оценок в виде нечетких интервалов предлагается осуществлять следующим образом.

В данном случае по каждому весовому коэффициенту a_s, $s=\overline{1,t}$ имеется информация в виде набора из j интервалов, представленных в виде $a_{sj}^{\min} \le a_{sj} \le a_{sj}^{\max}$, $j=\overline{1,k}$, где $a_{sj}^{\min}$, $a_{sj}^{\max}$ – соответственно минимальная и максимальная оценки j-ого эксперта i-ого частного критерия. Таким образом, имеется множество точечных значений границ интервалов $0 \le a_{sj}^{\min} \le a_{sj}^{\max} \le 1$, $j=\overline{1,k}$.

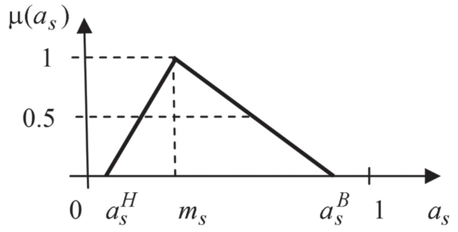


Рис. 1. Функция принадлежности нечеткому числу

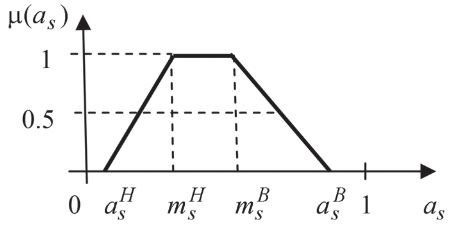


Рис. 2. Функция принадлежности нечеткому интервалу

Основание нечеткого интервала определяется как:

$$a_s = \min_j a_{sj}^{\min},\ a_s = \max_j a_{sj}^{\max},\ s=\overline{1,t},\ j=\overline{1,k}.$$

Графическая иллюстрация процесса выделения основания нечеткого интервала представлена на рис. 3.

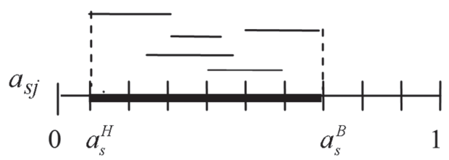


Рис. 3.

Ядро нечеткого интервала можно найти следующим образом:

$$m_s = \max_j a_{sj}^{\min},\ m_s = \min_j a_{sj}^{\max},\ s=\overline{1,t},\ j=\overline{1,k}.$$

Получающийся при этом интервал показан на рис. 4.

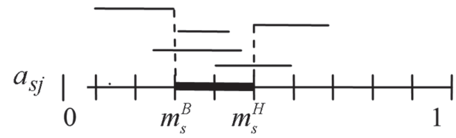


Рис. 4.

Как видно из рис. 4, иногда может возникнуть ситуация, когда $m_s > m_s$. В этом случае границы меняют местами.

В результате получим нечеткий интервал с трапециевидной функцией принадлежности $\mu(a_s)$ (рис. 2).

В частном случае, когда $m_i = m_i$, трапециевидная функция принадлежности (рис. 2) вырождается в треугольную (рис. 1). Поэтому в дальнейшем будем рассматривать нечеткие интервалы с трапециевидной функцией принадлежности.

Возможные формы функций принадлежности, которые могут получится в ходе применения описанного выше подхода представлены на рис. 5.

Интервальный характер могут носить не только параметры модели многофакторного оценивания a_s, $s=\overline{1,t}$, но и, частично или полностью, критерии по которым оцениваются альтернативы $k_j(x_i)$, $j=\overline{1,m}$, $i=\overline{1,n}$. Эти критерии измерены в различных шкалах, имеют разную размерность, интервалы возможных значений, вид экстремума. Поэтому для вычисления многофакторных оценок альтернатив необходимо привести характеристики $k_j(x_i)$ к некоторому изоморфному виду, что связано с их нормированием, т. е. приведением к безразмерному виду, одинаковому интервалу изменения и обеспечением инвариантности к виду экстремума.

Это можно сделать следующим образом. Предположим, что для каждого интервально заданного частного критерия $k_j(x_i)$, $j=\overline{1,m}$, $i=\overline{1,n}$ известны границы его возможных значений $\left[k_j^{\min}(x_i), k_j^{\max}(x_i)\right]$, тогда нормализацию можно провести, используя формулу [1]:

$$k_j^N(x_i) = \frac{H_{k_j(x_i)} - V_{k_j(x_i)}^-}{V_{k_j(x_i)}^+ - V_{k_j(x_i)}^-}, \tag{3}$$

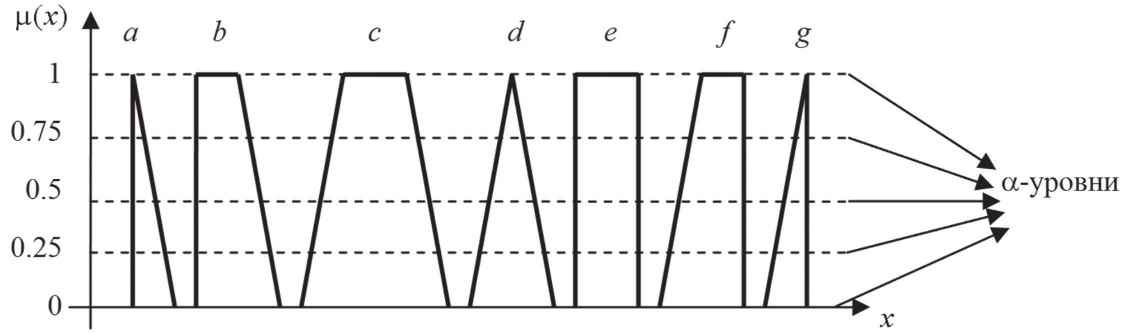


Рис. 5. Формы кусочно-линейных функций принадлежности

где $H_{k_j(x_i)}$ для каждого $k_j(x_i)$, $j=\overline{1,m}$ последовательно принимает значения: $H_{k_j(x_i)}=k_j^{\min}(x_i)$ и $H_{k_j(x_i)}=k_j^{\max}(x_i)$.

Величины $V^-_{k_j(x_i)}$, $V^+_{k_j(x_i)}$ являются соответственно наихудшими и наилучшими значениями критериев $k_j(x_i)$, $j=\overline{1,m}$ на всем множестве допустимых альтернатив $x_i\in X$, $i=\overline{1,n}$. Они определяются по формулам:

$$V^-_{k_j(x_i)}=\begin{cases}\max\limits_{x_i\in X} k_j^{\min}(x_i), & \text{если } k_j(x_i)\to\min,\\ \min\limits_{x_i\in X} k_j^{\min}(x_i), & \text{если } k_j(x_i)\to\max;\end{cases}$$

$$V^+_{k_j(x_i)}=\begin{cases}\max\limits_{x_i\in X} k_j^{\max}(x_i), & \text{если } k_j(x_i)\to\max,\\ \min\limits_{x_i\in X} k_j^{\max}(x_i), & \text{если } k_j(x_i)\to\min.\end{cases}$$

Аналогичный подход можно использовать в случае, когда частные критерии $k_j(x_i)$, $j=\overline{1,m}$ заданы в виде точечных значений.

После нормализации критериев $k_j(x_i)$, $j=\overline{1,m}$ по формуле (3) для каждого из них получаем четкий интервал с границами возможных значений [0, 1]. Как показано в [2, 3], эти интервалы легко трансформировать в нечеткие интервалы с прямоугольной функцией принадлежности (рис. 5 е).

Таким образом, в общем случае, параметры и частные критерии модели многофакторного оценивания (1) могут быть формализованы в виде нечетких интервалов с трапециевидными функциями принадлежности.

В результате, обобщенная многофакторная оценка каждой альтернативы может быть получена с использованием модели (1) в виде нечеткой интервальной величины.

Для вычисления значений оценок, исходя из (1), используются только три арифметические операции – сумма, произведение нечетких интервалов и умножение их на число.

Проведение арифметических операций с нечеткими интервалами предполагает реализацию следующих действий:

– определение результирующего интервала, на котором определен нечеткий интервал – результат арифметической операции;

– формирование функции принадлежности полученному новому нечеткому интервалу.

Для определения арифметических операций с нечеткими интервалами общепринятым является подход, основанный на использовании принципа расширения Л.Заде [6]. Однако на практике, реализация этого ”классического” подхода наталкивается на значительные трудности связанные со сложностью формирования функции принадлежности новому нечеткому интервалу, полученному в ходе проведения соответствующей бинарной арифметической операции.

В работе [2] предложен концептуально иной подход к выполнению операций над нечеткими интервалами. Он предполагает разложение нечеткого интервала на α-уровни (рис. 4) с последующей реализацией арифметических операций над полученными четкими интервалами, которые соответствуют этим α-уровням. Таким образом, нечеткий интервал C, являющийся результатом бинарных арифметических операций $\circ=\{+,-,\times,/\}$ над нечеткими интервалами A и B, можно представить в виде:

$$C=A\circ B=\bigcup_\alpha C_\alpha=\bigcup_\alpha A_\alpha\circ B_\alpha,$$

где A_α, B_α, C_α – α-уровни соответствующих нечетких интервалов A, B и C, т. е. четкие интервалы с одинаковыми значениями функции принадлежности нечеткому интервалу.

Таким образом, проблемы нечетко-интервальной арифметики сводятся к проблемам прикладного интервального анализа [7].

Очевидно, что разбиение нечеткого интервала на α-уровни является дискретизацией проблемы и соответственно вносит погрешности. Однако, как показали вычислительные эксперименты, описанные в [2, 7] эти погрешности не столь существенны.

В результате проведения описанных выше действий для каждой альтернативы $x_i\in X$, $i=\overline{1,n}$ получаем ее многофакторную оценку в виде нечеткого интервала, представленного совокупностью его α-уровней.

Далее рассмотрим задачу ранжирования альтернатив исходя из полученных для каждой из них нечетких многофакторных оценок.

3. Ранжирование нечетких интервальных величин

Сравнение нечетких чисел и интервалов по отношению ”больше – меньше” является нетривиальной задачей, решению которой посвящены многочисленные исследования [9,10, 11, 12, 13]. Однако до настоящего времени не разработано универсальной методологии ее решения.

Перспективным является развитие теоретико-вероятностного подхода [9, 14] к формализации отношений в классах четких и нечетких интервалов.

В результате реализации описанного выше подхода к определению нечетких многофакторных оценок альтернатив эти оценки были получены в виде совокупности α-уровней нечетких интервалов. Поэтому в данной ситуации можно перейти от сравнения самих нечетких интервалов к сравнению их соответствующих α-уровней и затем на основе этого сравнения сделать вывод о степени равенства или неравенства нечетких интервалов.

Для решения задачи сравнения интервалов $A=[a_1,a_2]$ и $B=[b_1,b_2]$ в [1, 2] предлагается использовать следующий подход. Предполагается, что A и B – независимые интервалы, а $a\in A$ и

$b \in B$ – случайные величины, которые равномерно распределены на этих интервалах. Никакое другое распределение в данном случае не имеет смысла, так как речь идет о четких интервалах. В случае, когда интервалы не имеют областей пересечения друг с другом, их сравнение не вызывает трудностей. Если интервалы пересекаются, то на основе образующихся подинтервалов определяются вероятности $P(A<B)$, $P(A=B)$ и $P(A>B)$. Под вероятностью $P(A<B)$ будем понимать вероятность того, что случайная точка $a \in A$ будет меньше случайной точки $b \in B$. Интерпретация вероятностей $P(A=B)$ и $P(A>B)$ – аналогична. Нетривиальные случаи сравнения интервалов и значения соответствующих вероятностей представлены в табл. 1.

Перейдем теперь к сравнению нечетких интервалов.

Пусть A и B – нечеткие интервалы, $A_\alpha = \left\{x\big|_{x\in X}, \mu_A(x) \ge \alpha\right\}$ и $B_\alpha = \left\{y\big|_{y\in Y}, \mu_B(y) \ge \alpha\right\}$, $\alpha \in [0,1]$ – множества α-уровней соответствующих нечетких интервалов A и B. Как было отмечено выше, задача сравнения нечетких интервалов можно свести к поуровневому сравнению четких интервалов, полученных для соответствующих α-уровней. Таким образом, вероятности $P_\alpha(A_\alpha < B_\alpha)$, $\alpha \in [0,1]$ для каждой пары четких интервалов A_α и B_α могут быть вычислены описанным выше способом. Множество P_α будем интерпретировать как нечеткое подмножество $P(A<B) = \left\{\alpha, P_\alpha(A_\alpha < B_\alpha)\right\}$, где значение α рассматривается как степень принадлежности к нечеткому интервалу $P(A<B)$. Аналогично могут быть определены нечеткие подмножества $P(A=B)$ и $P(A>B)$.

В практических приложениях более удобно пользоваться действительными числами, которые характеризовали бы в вероятностном смысле степень равенства или неравенства сравниваемых нечетких интервалов. В качестве такого числа, характеризующего данное нечеткое подмножество, в [2] предлагается использовать значение, которое может быть получено в процессе дефаззификации:

$$\tilde{P}(A<B) = \frac{\sum_\alpha \alpha \cdot P_\alpha(A_\alpha < B_\alpha)}{\sum_\alpha \alpha}. \tag{4}$$

Таким же образом можно вычислить значения $\tilde{P}(A=B)$ и $\tilde{P}(A>B)$.

Для отыскания максимального $z_{\max}$ в группе нечетких интервалов z_1, z_2, ..., z_k можно воспользоваться следующим алгоритмом:

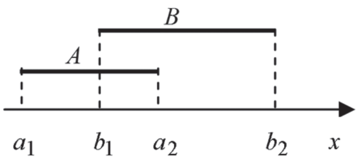
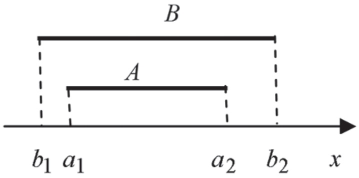
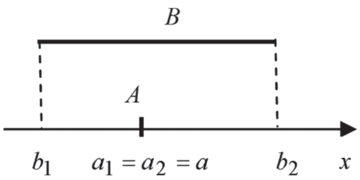
1) $z_{\max} := z_i$;
2) for i:=2 to k;
3) if $\tilde{P}(z_{\max} < z_i)$ >0.5 then $z_{\max} := z_i$.

Ранжирование группы нечетких интервалов можно осуществить, используя классические алгоритмы сортировки, заменяя в них операторы сравнения действительных чисел описанными выше операторами сравнения нечетких интервалов (4).

Выводы

Построение моделей многофакторных оценок альтернативных вариантов принимаемых решений в условиях неопределенности задания как параметров моделей, так и частных критериев, по которым они оцениваются, является достаточно сложной задачей. Это связанно, в том числе, и с проблемой учета и корректной формализации неопределенностей разных типов при задании переменных моделей. Предложенный в работе подход к получению многофакторных оценок альтернатив позволяет формализовать параметры модели и частные критерии в виде нечетких чисел и интервалов, определить нечетко-интервальные обобщенные оценки альтернатив, а также провести ранжирование альтернатив на основе этих оценок.

Таблица 1

Ситуация	$P(A<B)$	$P(A=B)$	$P(A>B)$
	$1-\dfrac{(a_2-b_1)^2}{(a_2-a_1)(b_2-b_1)}$	$\dfrac{(a_2-b_1)^2}{(a_2-a_1)(b_2-b_1)}$	0
	$\dfrac{b_2-a_2}{b_2-b_1}$	$\dfrac{a_2-a_1}{b_2-b_1}$	$\dfrac{a_1-b_1}{b_2-b_1}$
	$\dfrac{b_2-a}{b_2-b_1}$	0	$\dfrac{a-b_1}{b_2-b_1}$

Достаточно плодотворным является подход, позволяющий представлять нечеткие интервалы в виде совокупности α-уровней, что существенно упрощает проведение арифметических операций с такими величинами и позволяет корректно сравнивать их между собой по отношению ”больше-меньше”. В статье рассматриваются нечеткие величины с трапециевидными и треугольными функциями принадлежности, однако предложенный подход может быть эффективно использован и в ситуациях, когда функции принадлежности имеют иную форму.

С помощью предложенного подхода можно выделить альтернативу с максимальным значением ее нечеткой многофакторной оценки, однако информацию о вероятности, с которой эта оценка является максимальной, получить не удастся. Это же в полной мере относится и к процессу ранжирования альтернатив. Таким образом, при реализации данного подхода мы получаем лишь ординальный порядок альтернатив. Информация о значениях вероятностей имеет большое значение в ситуациях, когда лица, принимающие решения в условиях неопределенности, хотели бы количественно оценить степень адекватности (доверия) принимаемых решений. Поэтому в перспективе необходимо будет решить и эту проблему.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке различных автоматизированных систем поддержки принятия решений для обоснования выбора наиболее эффективного решения.

Список литературы: **1.** *Петров, К.Э.* Компараторная структурно-параметрическая идентификация моделей скалярного многофакторного оценивания [Текст]/ К.Э. Петров, В.В. Крючковский. – Херсон: Олди-плюс, 2009. – 294 с. **2.** *Дилигенский, Н.В.* Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология [Текст]/ Н.В. Дилигенский, Л.Г. Дымова, П.В. Севастьянов. – М.: Машиностроение, 2004. – 397 с. **3.** *Крючковский, В.В.* Связь и взаимная трансформация величин с различными видами неопределенности при принятии решений [Текст]/ В.В. Крючковский, К.Э. Петров // Питання прикладної математики і математичного моделювання: зб. наук. пр. Дніпропетровського національного університету. – Дніпропетровськ, 2010.– С. 183 – 191. **4.** *Раскин, Л.Г.* Нечеткая математика. Основы теории. Приложения [Текст]/ Л.Г. Раскин, О.В. Серая. – Харьков: Парус, 2008. – 352 с. **5.** *Зайченко, Ю.П.* Исследование разных видов функций принадлежности параметров нечетких прогнозирующих моделей в нечетком методе группового учета аргументов [Текст]/ Ю.П. Зайченко, И.О. Заец, А.В. Камоцкий, Е.В. Павлюк // УСиМ. – 2003. – №2. – С. 56–67. **6.** *Zadeh, L. A.* Fuzzy sets [Текст]/ L. A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – P. 338–353. **7.** *Жолен, Л.* Прикладной интервальный анализ [Текст]/ Л. Жолен, М. Кифер, О. Дидри, Э. Вальтер. – М.: РХД, 2007. – 468 с. **8.** *Piegat, A.* Modelowanie i sterowanie rozmyte [Текст]/ A. Piegat. – Warszawa, 2000. – 678 p. **9.** *Wang, X.* Reasonable properties for the ordering of fuzzy quantities (I), (II) [Текст]/ X. Wang, E. Kerre // Fuzzy Sets and Systems. – 2001. – № 122. – P. 375-385, 387-405. **10.** *Севастьянов, П.В.* Конструктивная методика сравнения нечетких чисел и ее применение в задачах оптимизации [Текст]/ П.В. Севастьянов, А.В. Венберг // Информационные сети, системы и технологии: тр. VII междунар. конф., БГЭУ, 2–4 окт. 2001 г. – Т. 3. – Минск, 2001. – С. 52-57. **11.** *Кофман, А.* Пошаговые методы принятия решений на моделях с неопределенностями [Текст]/ А. Кофман, Х. Хил Алуха: пер. с исп.; под ред. В.В. Краснопрошина, Н.А. Лепишинского. – Минск: ООО «Скарына», 1995. – 259 с. **12.** *Banas, J.* Method of Putting Trapezoidal Fuzzy Number in Order [Текст]/ J. Banas, M. Machovska-Szewczyk // Advanced Computer Systems: Proceedings of the Sixth International Conference / Technical University of Szczecin – Szczecin, 1999. – P. 175-179. **13.** *Ахрамейко, А.А.* Обобщение метода анализа иерархий Саати для использования нечетко-интервальных экспертных данных [Текст]/ А.А. Ахрамейко, Б.А. Железко, Д.В. Ксеневич, С.В. Ксеневич // Новые информационные технологии: материалы V междунар. науч. конф., Минск, 29 – 31 окт. 2002 г. : в 2 т. / Белорус. гос. экон. ун-т ; под ред. А.Н. Морозевича [и др.]. – Минск, 2002. – Т. 1. – С. 217–222. **14.** *Sevastjanov, P.V.* A probabilistic approach to fuzzy and crisp interval ordering [Текст]/ P.V. Sevastjanov , P. Rog // Task quarterly. – 7. – № 1. – 2003. – P. 147-156.

Поступила в редколлегию 01.06.2011

УДК 519.81

Формування багатокритеріальних оцінок рішень, що приймаються та їх ранжирування в умовах невизначеності / К.Е. Петров // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2011. – № 2 (76). – С. 123-128.

Розглядається проблема визначення значень багатокритеріальних оцінок альтернативних варіантів рішень на базі моделей, структура яких описується фрагментами полінома Колмогорова-Габора. Запропоновано підхід, який дозволяє формалізувати невизначеність завдання параметрів моделі багатофакторного оцінювання, а також часткових критеріїв, за якими оцінюються альтернативи у вигляді нечітких інтервалів; визначити багатокритеріальні нечіткі оцінки альтернатив та провести їх ранжирування, виходячи з цих оцінок, на основі розкладання нечітких інтервалів на α-рівні.

Табл.:1. Іл.: 5. Бібліогр.: 14 найм.

UDC 519.81

Forming the multicriterion estimations of making decisions and their rangingin in the conditions of uncertainly / K.E. Petrov // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. – 2011. – № 2 (76). –P. 123-128.

The problem of determination of values of multicriterion estimations of alternative variants of decisions on the base of models, the structure of which is described the fragments of Kolmogorov-Gabor polynomial is examined. Offered approach, which allows to formalize the uncertainly sets the parameters of model of multifactor estimation, and also detail criteria on which alternatives are estimated as fuzzy intervals; to define the multifactor fuzzy estimations of alternatives and made their ranging in accodance with these estimations on the basis of decomposition of fuzzy intervals on the α-levels.

Tab 1. Fig.: 5. Ref.: 14 items.