

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

## INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE ORGANIZATIONAL AND SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

УДК 004.83

М. Г. Мамедова, д-р техн. наук, проф., зав. отделом,

З. Г. Джабраилова, канд. техн. наук, доц., гл. науч. сотр.,

Институт Информационных Технологий НАН Азербайджана, Баку, depart15@iit.ab.az, www.ikt.az

### Методологический подход к многокритериальному принятию решений в задачах управления человеческими ресурсами

*Разработан методологический подход к принятию решений в задачах управления человеческими ресурсами (УЧР). Приведена обобщенная концептуальная модель принятия решений в задачах УЧР. Для обеспечения адаптивности многокритериального принятия решений в задачах УЧР предложена модификация метода TOPSIS, заключающаяся во включении в алгоритм принятия решений дополнительных компонентов, позволяющих избавиться от иерархической структуры критериев и учесть коэффициенты компетентности экспертов, участвующих в процедуре оценки альтернатив. Приведена апробация метода на примере задачи трудоустройства.*

**Ключевые слова:** управление человеческими ресурсами, принятие решений, нечеткая среда, многокритериальная оптимизация, компетентность экспертов, метод TOPSIS

#### Введение

В условиях перехода к экономике, основанной на знаниях, эффективная деятельность и конкурентоспособность организации (предприятия, компании, фирмы и т. д.) становится существенно зависимой от человеческого фактора и от правильного выбора политики управления человеческими ресурсами (УЧР) [1, 2]. В то же время процессы глобализации и быстрая смена технологий обуславливают изменения на рынке труда, что, в свою очередь, вызывает серьезные трансформации во взаимоотношениях с персоналом и требует разработки новых концептуальных подходов и научно обоснованных методов в политике регулирования этих отношений в зависимости от конкретной задачи УЧР. Согласно этой концепции УЧР представляет собой особый вид управленческой деятельности. Главным объектом управления в данном случае являются человек и его компетенции, включающие знания, навыки и профессиональные умения, личностные и поведенческие качества, мотивационные установки, интеллектуальный и квалификационный потенциалы последнего, а УЧР направлено на поддержку стратегии деятельности организации в контексте возрастания роли и значимости человеческого фактора [3–5]. Поэтому для принятия адекватных новым условиям решений относительно

планирования персонала, отбора, наема, адаптации к изменяющейся рыночной среде, удержания, увольнения, продвижения, развития, обучения и мотивации кадров лицо, принимающее решение (ЛПР), должно оценить и принять во внимание широкий спектр информации относительно компетенций работников, иметь возможность сравнить претендентов на основе множества разнородных признаков (критериев), осуществить выбор наилучшего решения (кандидата) с учетом множества влияний, предпочтений, интересов и возможных последствий. Все эти особенности задач УЧР определяют их многокритериальный характер. При этом следует принять во внимание также объем, количественный и качественный характер, сложность и противоречивость потока информации, поступающей к ЛПР, которые позволяют идентифицировать задачи УЧР как слабоструктурируемые, для которых построение объективных моделей принципиально невозможно или же достаточно сложно. Наряду с указанными проблемами, возникающими при генерации и выборе управленческих решений, необходимо учесть также предпочтения ЛПР, компетентность (знания, интуицию, опыт и др.) специалистов-экспертов.

В работах [6–9] приведены фундаментальные основы многокритериального выбора, указаны проблемы, с которыми сталкиваются разработчики, и

даны некоторые приложения интеллектуальных систем поддержки принятия решений в УЧР. К разряду основных проблем в задачах принятия решений в многокритериальной постановке можно отнести способы получения, характер и тип информации, методы ее представления и обработки, определение числа рассматриваемых вариантов (альтернатив) и числа описывающих их признаков, иерархическую структурированность последних, технологии представления экспертных знаний и т. п. При этом способность человека меньше ошибаться, работая с вербальными данными, требует выбора методов оперирования с лингвистическими переменными. Поэтому в задачах УЧР для оперирования такими данными целесообразно применение моделей и методов, базирующихся на теории нечетких множеств и нечеткой логики [10, 11]. Преодоление перечисленных сложностей обуславливает необходимость выбора, создания или развития методологических подходов к многокритериальному анализу и принятию решений в УЧР на базе интеллектуальных технологий, методов и компьютерных систем поддержки принятия решений [12].

Цель настоящего исследования — разработка методологического подхода к принятию управленческих решений в задачах УЧР, обладающих такими специфическими особенностями, как многокритериальность и разнородность данных, описывающих задачи УЧР, иерархичность, количественный и качественный характер, неоднозначность критериев, определяющих необходимость учета экспертной оценки их весов, а также влияние уровня компетентности самих экспертов на принятое решение.

### **1. Многокритериальные методы принятия решений в задачах УЧР: анализ литературы**

Анализ литературы показывает, что среди требующих интеллектуальной поддержки процессов принятия решений задач УЧР, к разряду которых относятся управление трудоустройством, аттестация и организация системы вознаграждения персонала, планирование карьеры, формирование резерва, авторами основное внимание уделяется отбору и найму кадровых ресурсов, что связано с наибольшей практической применимостью последних.

На сегодня при решении задач подбора персонала разработчиками предпочтение отдается в основном методам многокритериального принятия решений, в качестве которых можно указать методы анализа дерева решений [13], методы анализа иерархий — АНР (*Analytic Hierarchy Process*) [14—16], методы предпочтения по сходству с идеальными решениями — TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) [17—24], экспертные системы [7, 25] и др.

Так, в работе [13] для разработки эффективного механизма формирования правил по подбору персонала в высокотехнологичные компании исполь-

зуется метод анализа данных, базирующийся на дереве решений и ассоциативных правилах. Не умаляя преимуществ данного подхода, следует отметить такие недостатки последнего, как невозможность генерации правил в слабоструктурируемых областях, где требуются экспертные знания, а также сложность построения оптимального дерева решений.

В работе [14] предложена кадровая система отбора персонала на основе нечеткого анализа иерархических процессов — ФАНР (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process*), позволяющая провести оценку альтернатив с использованием как качественных, так и количественных критериев. В работе [15] для снижения субъективности при оценке личностных качеств и ключевых профессиональных навыков претендентов на должность также применяли нечеткую логику и метод анализа иерархических процессов. Согласно авторам работ [14—16] компьютерная система поддержки принятия решений, базирующаяся на ФАНР, устраняет ограничения на объем информации о претендентах и оказывает помощь менеджерам в принятии наилучших решений (кандидата) в нечетких условиях. Однако хотя указанные подходы обеспечивают принятие наилучшего решения среди возможных, тем не менее они не дают возможности сделать отбор альтернативы, предпочтительной по всем критериям, т. е. наиболее близкой к идеальному (оптимальному) решению. Такую возможность предоставляет метод TOPSIS, впервые предложенный в работе [17]. В дальнейшем этот метод нашел свое применение в различных задачах принятия решений, с учетом специфики которых исследователями предложены различные его модификации. Эти модификации сводятся, в основном, к введению группового принятия решений, а также новых метрик для расчета расстояния до идеально положительного и идеально отрицательного решений.

Так, в работе [18] для подбора персонала предложен метод группового принятия решений на базе нечеткого метода TOPSIS, где функции принадлежности альтернатив критериям описаны значениями нечетких лингвистических переменных, представленных в виде нечетких треугольных чисел. В работе [19] для отбора персонала введен дополнительный этап, который позволяет агрегировать разнородную информацию с использованием взвешенного усредненного оператора (*OWA — Ordered Weighted Averaging*). В работе [20] на примере подбора преподавателей университета также предложена модификация метода TOPSIS. В данном случае модификация заключается в том, что в процессе многокритериального принятия решений предлагается новая мера для вычисления расстояния до идеально положительного и идеально отрицательного решений. В работе [21] поддержка принятия решений при отборе наиболее квалифицированных человеческих ресурсов на базе метода TOPSIS

включает новую концепцию рейтинга (упорядочения) альтернатив, заключающуюся в том, что окончательное решение определяется не по близости расстояния альтернатив к идеальному решению, а на основе вето порога (*veto set*), установленного ЛПР. В работе [22] авторами предложено очередное развитие метода TOPSIS, заключающееся во введении в алгоритм принятия окончательного решения на основе вето порога, установленного ЛПР, также относительно важности последних.

Математически обоснованный и сравнительно простой алгоритм расчета интегральных оценок, возможность ввода дополнительных этапов и элементов в процесс принятия решений, предоставляемые методом TOPSIS, в качестве преимуществ последнего обеспечивают его применимость в решении широкого спектра практических задач. В работе [22] модифицированный метод TOPSIS использован для решения задачи выбора менеджеров среднего уровня в греческую ИТ-компанию, в [23] показано применение метода многокритериального нечеткого принятия решений на базе TOPSIS для подбора человеческих ресурсов в крупный греческий банк. В работе [24] для совершенствования процесса отбора и наема персонала в *Khodro company* (Иран) внедрена нечеткая модель системы поддержки принятия решений на основе метода TOPSIS.

Обзор специальной литературы позволил выделить основные направления развития метода TOPSIS. Так, этот метод не позволяет учитывать иерархическую структурированность критериев, являющуюся специфической особенностью, свойственной задачам УЧР. Один из возможных путей решения этой проблемы предлагается в работе [21]. Нами в работах [26—28] также предложены методы решения задач УЧР на основе многокритериальной скалярной оптимизации [29], позволяющие учитывать иерархическую структурированность неравнозначных критериев. Однако этот подход, базирующийся на агрегировании функций принадлежности альтернатив критериям, обладает следующим недостатком: альтернатива, имеющая нулевую принадлежность по некоторым критериям, в результате может оказаться наилучшей [7].

Далее метод TOPSIS не дает возможности оценить уровень компетентности экспертов, участвующих в процессе принятия решений. Хотя ЛПР старается отобрать экспертов примерно с одинаковой компетентностью, однако на практике выполнить это условие трудно, и предпочтения экспертов в той или иной степени воздействуют на принятое решение. Более того, хотя эксперты являются основной фигурой в системе поддержки принятия решений в УЧР и уровень их компетентности в определенной степени влияет на конечный результат, тем не менее вопросам оценки компетентности экспертов, участвующих в процессе принятия решений, в литературе не уделено должного внимания, и эта про-

блема остается одной из слабо проработанных. В обзорной статье [30] также подчеркивается важность решения этой проблемы.

В настоящей работе в качестве метода многокритериальной оптимизации в задачах УЧР выбран достаточно гибкий метод TOPSIS, предоставляющий возможность введения новых компонентов, устраняющих указанные выше его недостатки. Так, предложенная нами модификация TOPSIS заключается в интегрировании в алгоритм принятия решений дополнительных компонентов, обеспечивающих на первом этапе расчет на основе метода анализа иерархий весовых коэффициентов частных критериев, позволяющего избавиться от иерархической структуры критериев, а на втором этапе введение в алгоритм предварительно рассчитанных коэффициентов компетентности экспертов, участвующих в процедуре оценки альтернатив. В целях обеспечения устойчивости критериев к границам интервала достоверности в настоящей работе при использовании метода группового принятия решений функции принадлежности альтернатив критериям описаны значениями нечетких лингвистических переменных, представленных в виде нечетких трапециевидных чисел.

## **2. Специфика задач управления человеческими ресурсами и их обобщенная концептуальная модель**

В работах [26, 31—33] авторами проведено исследование основных задач УЧР, выделены те из них, в решении которых требуются интеллектуальная поддержка, выявлены их специфические особенности. Так, в качестве примеров задач, решение которых сводится к принятию эффективных решений, показаны следующие задачи: управление процессами трудоустройства (отбор, оценка и прием на работу); аттестация (выявление соответствия персонала занимаемой должности); организация системы вознаграждения персонала; планирование карьеры работников (продвижение по службе); формирование резерва и т. п. Анализ перечисленных задач УЧР позволил выявить следующие характерные особенности последних:

- многокритериальность и разнородность данных, описывающих задачи УЧР;
- многоуровневая иерархическая структура критериев, выраженная в том, что каждый отдельный критерий верхнего уровня базируется на агрегировании частных критериев ближайшего нижнего уровня;
- количественный и качественный характеры критериев;
- невозможность однозначного определения критериев и изменчивость области их значений;
- различная степень влияния критериев и показателей на рассматриваемые варианты (объекты, альтернативы), а также необходимость учета различия их весов. Это определяет необходи-

мость привлечения к процессу принятия решений экспертов (носителей информации) и учета мнений последних;

- влияние уровня компетентности экспертов на качество принятого решения;
- наличие в реальных ситуациях большого числа разнородных частных критериев, затрудняющих формальное сравнение альтернатив.

Перечисленные особенности задач УЧР позволяют идентифицировать их как задачи многокритериального анализа и принятия решений в нечеткой среде. Обычно многокритериальный анализ востребован при решении таких категорий задач, как выбор, оценка, сравнение, отбор, ранжирование и классификация объектов (альтернатив) в нечеткой среде. Эти задачи относятся к категории наиболее распространенных в системах поддержки принятия решений и встречаются в различных сочетаниях [34, 35].

Анализ наработанных к настоящему времени подходов и методов к решению задач УЧР показал их большое многообразие и позволил выделить обусловленность такой ситуации следующими факторами: 1) постановка задачи принятия решений в УЧР; 2) уровень сложности поставленной задачи, т. е. степень учета в постановке задачи УЧФ их специфики (частично или полностью); 3) содержательное и количественное различие множеств характеризующих задачи УЧР критериев и частных критериев, влияющих на расчет интегрального показателя; 4) различие единиц измерения частных критериев и методов оценки их весов (субъективных, объективных); 5) способы агрегирования частных критериев; 6) использование разных методов свертки критериев; 7) необходимость участия экспертов в процессе принятия решений или наоборот.

Таким образом, при выборе из широкого спектра того или иного метода для решения вышеуказанных задач УЧР необходимо руководствоваться в максимальном учете специфическими особенностями последних, указанными выше. Наряду с этим выбираемый методологический подход должен обеспечить:

- 1) отсутствие ограничений на число альтернатив, критериев и частных критериев;
- 2) расчет уровня компетентности экспертов, участвующих в процедуре принятия решений;
- 3) учет иерархической структурированности критериев, описывающих альтернативы;
- 4) возможность распространения предлагаемого методологического подхода на все задачи УЧР, требующие интеллектуальной поддержки.

На основе комплексного подхода к учету специфики процессов УЧР обобщенная концептуальная модель принятия решений в задачах УЧР может быть представлена следующим набором информации:

$$M_{УЧР} = (X, K, Y, E, V, P, L, W),$$

где  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} = \{x_i, i = \overline{1, n}\}$  — множество допустимых альтернатив;  $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\} = \{K_j, j = \overline{1, m}\}$  — множество критериев выбора, характеризующих альтернативы;  $K_j = \{k_{j1}, k_{j2}, \dots, k_{jt}\} = \{k_{jt}, t = \overline{1, T}\}$  — множество подкритериев, характеризующих каждый из критериев;  $Y$  — область определения значений каждого частного критерия;  $E$  — группа экспертов, участвующих в процедуре принятия решений;  $V$  — множество отношений между экспертами в соответствии с предпочтениями ЛПР;  $P$  — отношения между множествами  $X, K$  и  $E$ ;  $L$  — лингвистические выражения, отражающие степень удовлетворения альтернатив частным критериям (степень принадлежности);  $W$  — отношения между критериями и частными критериями.

Согласно концептуальной модели сущность принятия решений в задачах УЧР заключается в нахождении: 1) систематизированного списка альтернатив ( $X \rightarrow X^*$ ), ранжированных от наилучшего (оптимального) к наихудшему (или наоборот); 2) наилучшего (оптимального) варианта альтернатив. Для этого необходимо сведение многокритериальной задачи оптимизации к однокритериальной, учитывающей:

- нечеткие отношения между множествами альтернатив, критериев оценивания альтернатив, группы экспертов, участвующих в оценке степени удовлетворения альтернатив критериям с учетом лингвистического характера последних;
- нечеткие отношения между критериями и частными критериями;
- нечеткие отношения компетентности экспертов в соответствии с предпочтениями ЛПР.

### 3. Общая постановка задачи

Принимая во внимание специфические особенности задач принятия решений в УЧР и предложенную концептуальную модель, дадим общую постановку задачи многокритериального ранжирования/выбора альтернатив. Под задачей многокритериальной оптимизации, как правило, подразумевают нахождение максимума или минимума векторного критерия на допустимом множестве альтернатив.

Пусть заданы следующие компоненты задач УЧР в организации:

1.  $X = \{x_i, i = \overline{1, n}\}$  — множество альтернатив.
2.  $K = \{K_j, j = \overline{1, m}\}$  — множество количественных и качественных критериев, по которым оцениваются альтернативы.
3.  $K_j = \{k_{jt}, t = \overline{1, s_j}\}$  — множество частных критериев.
4.  $E = \{e_l, l = \overline{1, g}\}$  — множество экспертов.

5.  $w_j, j = \overline{1, m}$  — коэффициенты относительной важности критериев ( $K = \{k_j, j = \overline{1, m}\}$ ).

6.  $w_{jp}, t = \overline{1, s_j}, j = \overline{1, m}$  — коэффициенты относительной важности частных критериев ( $k_j = \{k_{jp}, t = \overline{1, s_j}\}$ ).

7.  $v_l, l = \overline{1, g}$  — коэффициенты компетентности экспертов.

Пусть  $f(x)$  — целевая функция, которая обеспечивает выбор наилучших альтернатив:

1)  $f(x) = \max(f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n))$  и  $f(x) \rightarrow [0, 1]$ , где  $f(x_i)$  — результирующий вектор оценки альтернативы  $x_i \in X$  в соответствии с интегральным критерием  $K$ , т. е.  $f(x_i) \rightarrow K(x_i)$ ;

2)  $K(x_i) = (p(x_i), w, v)$  — интегральная оценка альтернативы  $x_i$ , в соответствии с набором критериев оценки, весов частных критериев в интегральном критерии  $K$  и коэффициентом относительной важности компетентности экспертов, где  $p(x_i)$  —

интегральная оценка альтернативы  $x_i, i = \overline{1, n}$  в соответствии со значениями лингвистической переменной согласно предпочтению экспертов;  $w = (w_1, \dots, w_z)$  — веса частных критериев в интегральном критерии  $K, z = \overline{1, Z}, Z$  — общее число частных критериев;  $v = (v_1, \dots, v_g)$  — коэффициент относительной важности компетентности экспертов в соответствии с предпочтениями ЛПР;

3)  $f(x_i) > 0$ , при условии  $p(x_i) \geq 0$ ;

4)  $g(K(x), w, v) \in G, x \in X$ ,

$$w_j > 0, j = \overline{1, m}, \sum_{j=1}^m w_j = 1,$$

$$w_{jt} > 0, t = \overline{1, s_j}, \sum_{t=1}^{s_j} w_{jt} = 1,$$

$$w_z > 0, z = \overline{1, Z},$$

$$v_l > 0, l = \overline{1, g}, \sum_{l=1}^g v_l = 1.$$

Требуется найти те альтернативы, которые в наибольшей степени соответствуют целевым функциям и ограничениям.

Согласно постановке задачи множество допустимых решений формируется посредством исключения из исходного множества альтернатив тех, которые не удовлетворяют поставленной цели и принятым ограничениям.

Как было показано выше, многокритериальные задачи УЧР относятся к классу слабоструктурированных проблем, содержащих большое число как качественных, так и количественных критериев оценки качества решений: При этом ЛПР (эксперт) исходит из своих субъективных предпочтений об эффективности возможных альтернатив и важности

различных критериев. Как известно, при построении модели предпочтений ЛПР вырабатывается большой объем информации. Это обуславливает сложность, а зачастую и невозможность расчета показателей эффективности и однозначного выбора наилучшего решения аналитическими методами. Поэтому основу существующих концепций оценки предпочтений составляет переход от аналитических методов к эвристическим и включение ЛПР (экспертов) в качестве одного из главных компонентов задачи принятия решений.

Как следует из постановки задачи многокритериальности принятия решений в УЧР, необходим эффективный инструментарий, позволяющий строить сложные процедуры принятия решений и оценивать широкий спектр альтернатив. В соответствии с постановкой задачи в работе предпочтение отдано одному из современных методов многокритериального выбора — технологии TOPSIS, которая модифицирована к условиям решаемой проблемы.

#### 4. Метод TOPSIS

Основная идея метода TOPSIS заключается в том, что наиболее предпочтительная альтернатива должна иметь не только наибольшую близость к идеальному решению, но и быть дальше всех остальных альтернатив от неприемлемого решения [17]. Здесь наилучшее (оптимальное) решение представляет собой вектор, содержащий максимальные значения по каждому критерию для всех альтернатив, а неприемлемое (наихудшее) решение есть вектор, содержащий минимальные значения по каждому критерию. Как следует из сущности метода TOPSIS, с использованием последнего достаточно эффективно можно решить задачи нечеткой многокритериальной оптимизации, которые составляют математическую основу поддержки принятия решения в задачах УЧР. Под многокритериальной оптимизацией в теории принятия решений подразумевается выбор наилучшего решения среди возможных альтернатив [6, 7].

Метод TOPSIS является одним из эффективных инструментов содействия ЛПР и экспертам в формулировании их целей и субъективных предпочтений, структурировании множества критериев, оценки альтернатив в процессе принятия решений на языке нечеткой математики, лингвистических переменных, нечетких множеств и нечетких чисел.

Решение задачи оптимизации с использованием TOPSIS предполагает необходимость перевода значений качественных лингвистических переменных, выражающих степень удовлетворения той или иной альтернативы критериям, в нечеткие числа.

Нечеткое число представляет собой нечеткое подмножество универсального множества действительных чисел, имеющее нормальную и выпуклую функцию принадлежности, для которой существует такое значение носителя, где функция принадлеж-

ности равна единице, а при отступлении от своего максимума влево или вправо функция принадлежности убывает [36]. Согласно [37] нечеткие суждения экспертов, сформулированные в терминах естественного языка, могут быть описаны нечеткими треугольными и нечеткими трапециевидными (трапезоидными) числами. В настоящей работе, учитывая необходимость обеспечения устойчивости критериев к границам интервала достоверности, используется нечеткое трапециевидное число (рис. 1). Формирование суждений эксперта в виде нечеткого трапециевидного числа на практике реализуется следующим образом. Исследуемый объект по выбранному критерию оценивается экспертом четверкой чисел  $(n_1, n_2, n_3, n_4)$ , где  $n_1, n_2, n_3, n_4$  — действительные числа. Суть этой процедуры заключается в том, что значение критерия находится в пределах от  $n_1$  до  $n_4$ , но вероятнее всего оно находится в пределах от  $n_4$  до  $n_3$ . Если в четверке  $\bar{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$  средние числа будут равны, т. е.  $n_2 = n_3$ , то нечеткое трапециевидное число  $\bar{n}$  преобразуется в нечеткое треугольное число.

Посредством операций над функциями принадлежности на основе сегментного принципа вводят операции над нечеткими числами [38].

При использовании технологии TOPSIS следует принять во внимание некоторые операции над нечеткими числами.

Пусть заданы два нечетких трапециевидных числа  $\bar{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$  и  $\bar{m} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$ . Ниже приведены операции суммирования, разности и произведения этих чисел:

$$\begin{aligned} \bar{n} \oplus \bar{m} &= [n_1 + m_1, n_2 + m_2, n_3 + m_3, n_4 + m_4], \\ \bar{n} - \bar{m} &= [n_1 - m_4, n_2 - m_3, n_3 - m_2, n_4 - m_1], \\ \bar{n} \otimes \bar{m} &\cong [n_1 m_1, n_2 m_2, n_3 m_3, n_4 m_4], \\ \bar{n} \otimes r &= [n_1 r, n_2 r, n_3 r, n_4 r]. \end{aligned} \quad (1)$$

Расстояние между двумя нечеткими трапециевидными числами определяется из выражения [18, 39]

$$d_c(\bar{n}, \bar{m}) = \sqrt{\frac{1}{4}((n_1 - m_1)^2 + (n_2 - m_2)^2 + (n_3 - m_3)^2 + (n_4 - m_4)^2)}. \quad (2)$$

Если  $\bar{n} = \bar{m}$ , т. е.  $\bar{n}$  и  $\bar{m}$  равнозначны, то  $d_c(n, m) = 0$ .

Для реализации метода необходимо оперировать лингвистическими переменными и их значениями, выражающими вербальные шкалы оценки для измерения признаков. При этом уровни располагаются в порядке возрастания интенсивности проявления этих признаков. В данном случае число значений (градаций) лингвистических переменных равно семи. На рис. 2 приведено графическое изображение принципа преобразования лингвистических значений в числовые соответствия.

Табл. 1 демонстрирует семиуровневые значения лингвистической переменной и соответствующие им нечеткие трапециевидные числа.

В соответствии с табл. 1 для каждого значения лингвистической переменной можно найти числовое соответствие. Так, например, числовое соответствие лингвистического значения "не очень хорошо", представляющего собой одну из градаций измерения свойств, в 10-балльной системе оценки определяется как (5, 6, 7, 8).

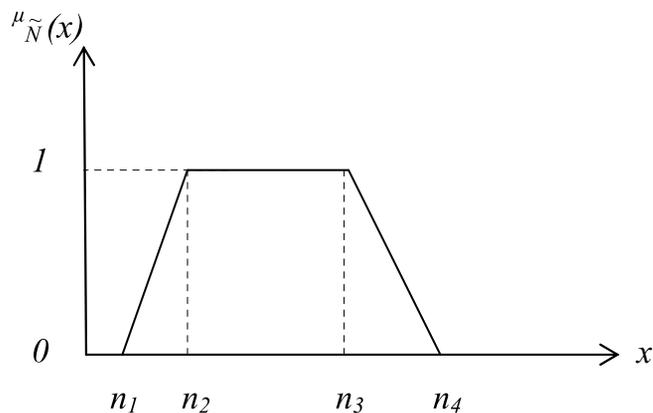


Рис. 1. Нечеткое трапециевидное число

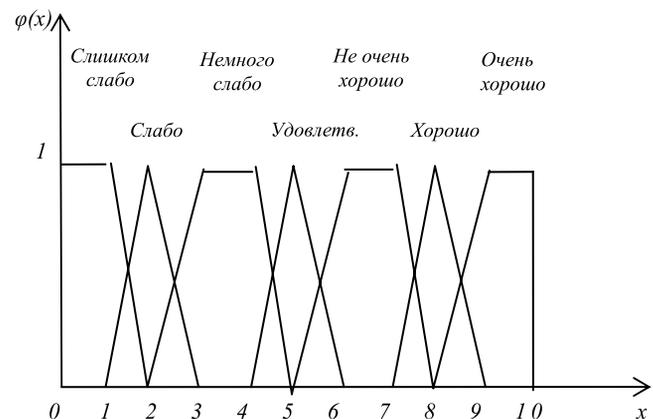


Рис. 2. Преобразование лингвистических значений в нечеткие трапециевидные числа

Таблица 1  
Лингвистические значения и соответствующие им нечеткие трапециевидные числа

Лингвистические значения	Нечеткие трапециевидные числа
Слишком слабо	(0,0,1,2)
Слабо	(1,2,2,3)
Немного слабо	(2,3,4,5)
Удовлетворительно	(4,5,5,6)
Не очень хорошо	(5,6,7,8)
Хорошо	(7,8,8,9)
Очень хорошо	(8,9,10,10)

## Алгоритм многокритериальной оптимизации задач УЧР на базе метода TOPSIS

Согласно постановке задачи, алгоритм многокритериальной оптимизации задач УЧР на базе метода TOPSIS предполагает выполнение следующей последовательности действий.

**Шаг 1.** Для проведения многокритериальной оптимизации задач УЧР на базе метода TOPSIS необходимо прежде всего избавиться от иерархической структурированности критериев (рис. 3). С этой целью на основе метода анализа иерархий (МАИ) Саати с помощью коэффициентов относительной важности критериев  $\{K_j, j = \overline{1, m}\}$  и частных критериев  $\{k_{jt}, t = \overline{1, s_j}\}$  определяются веса [40, 41], с которыми последние войдут в расчет интегрального критерия  $K$ . В формализованном виде произ-

ведением  $w_j$ , где  $\sum_{j=1}^m w_j = 1$  и  $w_{jt}$ , где  $\sum_{t=1}^{s_j} w_{jt} = 1$ , определяется  $w_{jt}^K$  — вес частного критерия  $k_{jt}$  в расчете интегрального критерия  $K = \{k_j, j = \overline{1, m}\}$ , т. е.  $w_{jt}^K = w_{jt} \cdot w_j$ .

В результате двухступенчатая иерархическая структура критериев выбора  $K = \{K_j, j = \overline{1, m}\}$ , ха-

рактеризующих альтернативы, сводится к вычислению интегрального критерия, который учитывает веса частных критериев  $\{k_{jt}, t = \overline{1, s_j}\}$ , что позволяет, соответственно, избавиться от иерархической структурированности (рис. 4).

В последующих шагах для упрощения индексов все частные критерии объединяются в едином множестве  $G$ :

$$G = \{k_{jt}, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, s_j}\} = \{k_z, z = \overline{1, Z}\},$$

$$z = s_{j-1} + t, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, s_j}, s_0 = 0.$$

Здесь  $Z$  — общее число частных критериев, характеризующих альтернативы, т. е.  $Z = \sum_{j=1}^m s_j$ . В та-

ком случае  $w_z = w_{jt}^K$ .

**Шаг 2.** Степени принадлежности (соответствия) альтернатив частным критериям оцениваются лингвистическими значениями (см. табл. 1) и выражаются нечеткими трапециевидными числами  $R^l = (r_{iz}^l) = (a_{iz}^l, b_{iz}^l, c_{iz}^l, d_{iz}^l)$ . Так, например, если степень удовлетворения (принадлежности) альтернативы  $x_i$  частному критерию  $k_z$  экспертом  $l$  оценена значением "хорошо", то это выражается как  $r_{iz}^l = (7, 8, 8, 9)$ , а если экспертом дана оценка

"очень хорошо", то  $r_{iz}^l = (8, 9, 10, 10)$  и т. д. В результате экспертной оценки степеней принадлежности альтернатив частным критериям получаем следующую матрицу:

$$R^l = [r_{iz}^l], l = \overline{1, g} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \{a_{iz}^l, b_{iz}^l, c_{iz}^l, d_{iz}^l\}, l = \overline{1, g}.$$

**Шаг 3.** Этот шаг предполагает предварительный расчет коэффициентов компетентности экспертов  $v_l, l = \overline{1, g}$ . С этой целью авторами применена модификация метода, заключающаяся в интегрировании в алгоритм предварительно рассчитанных коэффициентов компетентности экспертов, участвующих в процедуре оценки альтернатив.

С учетом коэффициентов компетентности экспертов  $v_l, l = \overline{1, g}$ , формируется матрица  $R^{vl} = [r_{iz}^{vl}], l = \overline{1, g} \Leftrightarrow$   
 $\Leftrightarrow \{a_{iz}^{v_l}, b_{iz}^{v_l}, c_{iz}^{v_l}, d_{iz}^{v_l}\}, l = \overline{1, g}$ . Элементами этой матрицы являются трапециевидные числа, которые выражают

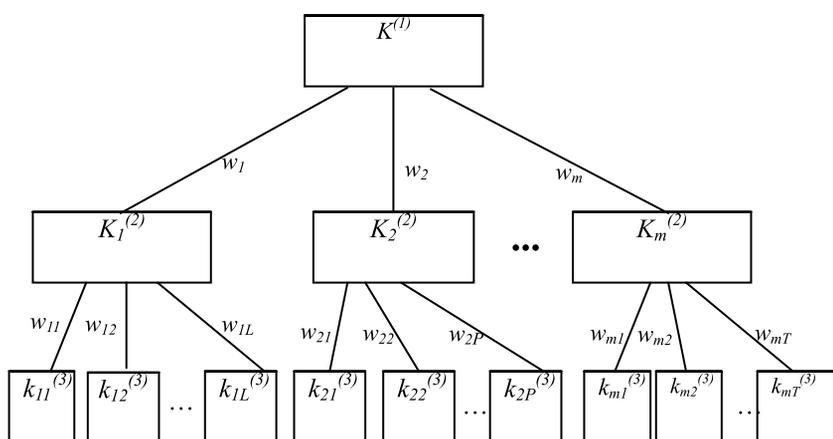


Рис. 3. Иерархическая структурированность критериев выбора, характеризующих альтернативы

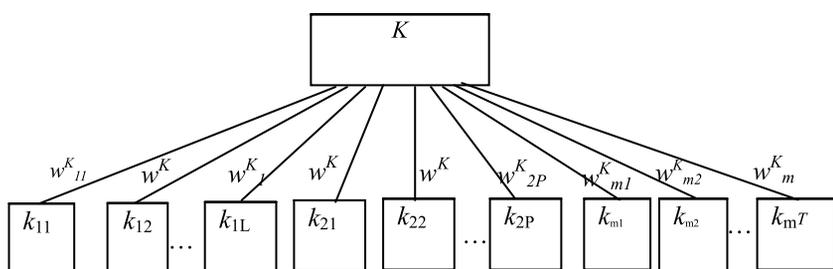


Рис. 4. Сведение иерархической структуры критерия  $K$  к интегральному вектору частных критериев

степень удовлетворения альтернативы  $x_i$  частным критериям  $k_z$  с учетом компетентности экспертов и рассчитываются следующим образом:

$$\begin{aligned} a_{iz}^{v_l} &= a_{iz}^l \cdot v_l; \\ b_{iz}^{v_l} &= b_{iz}^l \cdot v_l; \\ c_{iz}^{v_l} &= c_{iz}^l \cdot v_l; \\ d_{iz}^{v_l} &= d_{iz}^l \cdot v_l. \end{aligned} \quad (3)$$

**Шаг 4.** Определяется единая — агрегированная матрица

$$\begin{aligned} R^{v_l} &= [r_{iz}^{v_l}], l = \overline{1, g} \Leftrightarrow \{a_{iz}^{v_l}, b_{iz}^{v_l}, c_{iz}^{v_l}, d_{iz}^{v_l}\}, \\ l = \overline{1, g} \Rightarrow R_{iz} &= [r_{iz}] \Leftrightarrow \{a_{iz}, b_{iz}, c_{iz}, d_{iz}\}. \end{aligned}$$

Элементы этой матрицы вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned} a_{iz} &= \{\min a_{iz}^{v_l}, l = \overline{1, g}\}; \\ b_{iz} &= \frac{1}{g} \sum_{l=1}^g b_{iz}^{v_l}; \\ c_{iz} &= \frac{1}{g} \sum_{l=1}^g c_{iz}^{v_l}; \\ d_{iz} &= \{\max d_{iz}^{v_l}, l = \overline{1, g}\}. \end{aligned} \quad (4)$$

**Шаг 5.** Элементы матрицы  $R_{iz} = [r_{iz}] \Leftrightarrow \{a_{iz}, b_{iz}, c_{iz}, d_{iz}\}$  умножаются на вес частных критериев. В результате этой операции строится взвешенная нечеткая матрица  $R_{iz}^w = [r_{iz}^w] \Leftrightarrow \{a_{iz}^w, b_{iz}^w, c_{iz}^w, d_{iz}^w\}$ . Здесь

$$\begin{aligned} a_{iz}^w &= a_{iz} \cdot w_z; \\ b_{iz}^w &= b_{iz} \cdot w_z; \\ c_{iz}^w &= c_{iz} \cdot w_z; \\ d_{iz}^w &= d_{iz} \cdot w_z. \end{aligned} \quad (5)$$

**Шаг 6.** Полученная матрица нормализуется. Для этого применяется метод Hsu и Sehn [42], на основе которого определяются  $d_z^+ = \max d_{iz}^w, i = \overline{1, n}$ . Далее на основе выражения

$$\begin{aligned} R_{iz}^N &= [r_{iz}^N] \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \{a_{iz}^N, b_{iz}^N, c_{iz}^N, d_{iz}^N\} &\Leftrightarrow \left\{ \frac{a_{iz}^w}{d_z^+}, \frac{b_{iz}^w}{d_z^+}, \frac{c_{iz}^w}{d_z^+}, \frac{d_{iz}^w}{d_z^+} \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

определяются элементы нормализованной матрицы принятия решений.

**Шаг 7.** На основе взвешенных значений определяется идеальное позитивное (наилучшее) решение (ИПР)  $X^*$ . С этой целью для каждого  $k_z, z = \overline{1, Z}$  отбираются

$$d_z^* = \{\max d_{iz}^N, i = \overline{1, n}\}, \quad (7)$$

и формируется следующая матрица:

$$\begin{aligned} X^* &= [d_z^*] = \\ &= [(d_1^*, d_1^*, d_1^*, d_1^*), \dots, (d_Z^*, d_Z^*, d_Z^*, d_Z^*)]. \end{aligned} \quad (8)$$

Согласно выражению (6)  $d_z^* = 1$  для  $\forall z$ , т. е. все элементы матрицы  $X^*$  равны единице.

**Шаг 8.** Вычисляется идеальное негативное (наихудшее) решение (ИНР)  $X^-$ . С этой целью для каждого  $k_z, z = \overline{1, Z}$ , отбираются

$$a_z^- = \{\min a_{iz}^N, i = \overline{1, n}\} \quad (9)$$

и формируется следующая матрица:

$$\begin{aligned} X^- &= [a_z^-] = \\ &= [(a_1^-, a_1^-, a_1^-, a_1^-), \dots, (a_Z^-, a_Z^-, a_Z^-, a_Z^-)]. \end{aligned} \quad (10)$$

**Шаг 9.** С использованием формулы (2) по индивидуальным значениям каждого частного критерия рассчитывается расстояние альтернатив до ИПР:

$$\begin{aligned} D_z^*(x_i, X^*) &= \\ &= \sqrt{\frac{1}{4}((a_{iz}^N - d_z^*)^2 + (b_{iz}^N - d_z^*)^2 + (c_{iz}^N - d_z^*)^2 + (d_{iz}^N - d_z^*)^2)}. \end{aligned} \quad (11)$$

На основе полученных результатов формируется вектор  $[D^*] = [D_1^*, \dots, D_Z^*]$ .

**Шаг 10.** По индивидуальным значениям каждого частного критерия рассчитывается расстояние альтернатив до ИНР:

$$\begin{aligned} D_z^-(x_i, X^-) &= \\ &= \sqrt{\frac{1}{4}((a_{iz}^N - a_z^-)^2 + (b_{iz}^N - a_z^-)^2 + (c_{iz}^N - a_z^-)^2 + (d_{iz}^N - a_z^-)^2)}. \end{aligned} \quad (12)$$

На основе полученных результатов формируется вектор  $[D^-] = [D_1^-, \dots, D_Z^-]$ .

**Шаг 11.** Определяется расстояние каждой из альтернатив до ИПР:

$$D^*(x_i) = \sqrt{\sum_{z=1}^Z (D_z^*(x_i, X^*))^2}. \quad (13)$$

**Шаг 12.** Определяется расстояние каждой из альтернатив до ИНР:

$$D^-(x_i) = \sqrt{\sum_{z=1}^Z (D_z^-(x_i, X^-))^2}. \quad (14)$$

**Шаг 13.** Рассчитывается интегральный показатель (коэффициент близости) для каждой сравниваемой альтернативы как отношение вычисленного для нее расстояния от идеально наилучшего ре-

шения к сумме расстояний до наилучшего и наихудшего решений:

$$D(x_i) = D^*(x_i) + D^-(x_i),$$

$$\varphi(x_i) = \frac{D^-(x_i)}{D(x_i)}. \quad (15)$$

В соответствии со значением коэффициента близости  $\varphi(x_i)$  появляется возможность ранжирования альтернатив. Так, чем ближе к единице значение коэффициента близости  $\varphi(x_i)$ , тем предпочтительнее сравниваемая альтернатива. Наибольшее значение интегрального показателя  $\varphi(x_i)$  определяет наилучшую альтернативу, т. е. оптимальное решение. Наименьшее значение  $\varphi(x_i)$  соответствует наихудшей альтернативе.

### 6. Применение предложенного метода для решения задач отбора и приема на работу

В УЧР задача отбора персонала имеет большое значение, так как только при наличии квалифицированного персонала организация может успешно функционировать. Поэтому вопросы принятия кадровых решений, свободных от субъективизма, являются достаточно актуальными. Трудности, с которыми сталкиваются организации в процессе определения кандидата, наиболее приемлемого для конкретной должности как в плане профессиональной пригодности, так и с позиций соответствия корпоративному стилю, обуславливают необходимость разработки и совершенствования научных подходов к управлению кадровой политикой.

Предложенный инструментальный подход был апробирован в процессе решения задач отбора и приема на работу для оценки кандидатов. Эксперименты проводили для оценки кандидатов, претендующих на должность в Отдел УЧР Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики. С этой целью были реализованы следующие действия.

1. С участием четырех экспертов для приема на работу в Отдел УЧР была сформирована система критериев (табл. 2). На основе метода попарного сравнения [40] определены коэффициенты относительной важности критериев и частных критериев. При этом рассмотрена также задача выявления противоречий в экспертных оценках [40, 43]. На основе полученных результатов выявлены коэффициенты относительной важности критериев и частных критериев, а также веса частных критериев, с которыми они участвуют при расчете интегральной оценки критерия  $K$ .

Согласно шагу 1 алгоритма поставленной задачи, для упрощения индексов все частные критерии объединяются в едином множестве  $G$ . Тогда  $G = \{k_z, z = \overline{1, 12}\}$ .

2. Полученный на основе оценки указанных частных критериев интегральный показатель (коэффициент близости сравниваемых альтернатив)  $\varphi(x_i)$  выражает определенное на интервале  $[0, 1]$  значение степени шанса приема на работу каждого кандидата  $x_i$ . Значения этой величины позволяют принять заключительное решение относительно каждого альтернативного претендента. В процессе проведения экспериментов по приему на работу

Таблица 2

Коэффициенты относительной важности критериев и частных критериев, веса частных критериев в  $K$

Критерии	Коэффициенты относительной важности критериев	Частные критерии	Единое множество частных критерий $G$	Коэффициенты относительной важности частных критериев	Весовые коэффициенты частных критериев
$K_1$ — профессиональные (образование, знания, профессиональные навыки, умения и т.п.)	0,11	$k_{11}$ — соответствие полученного образования требованиям рабочего места	$k_1$	0,54	0,06
		$k_{12}$ — научно-исследовательские способности	$k_2$	0,46	0,05
$K_2$ — мотивационные	0,08	$k_{21}$ целеустремленность	$k_3$	0,47	0,04
		$k_{22}$ — ориентация на результат	$k_4$	0,53	0,04
$K_3$ — деловые	0,4	$k_{31}$ — трудолюбие	$k_5$	0,2	0,08
		$k_{32}$ — креативность	$k_6$	0,22	0,13
		$k_{33}$ — инициативность	$k_7$	0,26	0,10
		$k_{34}$ — самостоятельность	$k_8$	0,32	0,09
$K_4$ — личностные	0,1	$k_{41}$ — обучаемость	$k_9$	0,63	0,06
		$k_{42}$ — исполнительность	$k_{10}$	0,37	0,04
$K_5$ — индивидуально-психологические и здоровье	0,31	$k_{51}$ — физическое здоровье	$k_{11}$	0,35	0,11
		$k_{52}$ — нервно-психологическая устойчивость	$k_{12}$	0,65	0,20

экспертами были сформулированы следующие варианты возможных заключительных решений:

- Если  $\varphi(x_j) \in [0, 0.25)$ , то претендент явно не соответствует требованиям должности, т. е. кандидатура однозначно отклоняется.
- Если  $\varphi(x_j) \in [0.25, 0.50)$ , то претендент слабо соответствует требованиям должности, поэтому его наем представляет большой риск.
- Если  $\varphi(x_j) \in [0.50, 0.65)$ , то претендент частично (в некоторой степени) соответствует требованиям рабочего места. Прием кандидата на работу связан с небольшим риском, который может компенсироваться в процессе работы за счет высоких показателей по другим компетенциям.
- Если  $\varphi(x_j) \in [0.65, 0.8)$ , то претендент соответствует требованиям рабочего места, при том что некоторые показатели могут быть легко восполнены в процессе адаптации.
- Если  $\varphi(x_j) \in [0.8, 1]$ , то претендент полностью соответствует всем требованиям рабочего места.

3. Определены коэффициенты компетентности экспертов, участвующих в оценке претендентов на трудоустройство. Эти коэффициенты определены с использованием метода попарного сравнения [40, 43]. В табл. 3 представлена матрица попарного сравнения компетентности экспертов в соответствующей сфере, построенная на основе лингвистического выражения "небольшое превосходство эксперта 1 и эксперта 4 над экспертом 2 и экспертом 3".

В результате попарного сравнения получены следующие значения коэффициентов компетентности экспертов:  $v_1 = 0,375$ ,  $v_2 = 0,125$ ,  $v_3 = 0,125$ ,  $v_4 = 0,375$ .

4. С участием четырех экспертов на основе семиуровневых лингвистических переменных проведена оценка на степень удовлетворения (принадлежность) 12 частным критериям трех кандидатов на вакантное место, прошедших требуемые этапы отбора.

5. На основе оценок четырех экспертов построена  $(3 \times 12 \times 4)$ -мерная обобщенная матрица трапециевидных нечетких чисел (табл. 4).

6. С учетом компетентности экспертов на основе формулы (3) строится матрица трапециевидных нечетких чисел и определяются агрегированные в соответствии с формулой (4) трапециевидные нечеткие числа (табл. 5).

7. Элементы матрицы агрегированных трапециевидных нечетких чисел с использованием фор-

мулы (5) умножаются на веса частных критериев и результаты нормализуются (табл. 5).

8. В соответствии с выражениями (7)–(10) формируется интегральная матрица нечетких идеальных позитивных (наилучших) и нечетких идеальных негативных (наихудших) решений (табл. 6).

9. Результаты рассчитанных на основе формулы (11) по значению каждого частного критерия расстояний альтернатив до ИПР представлены в табл. 6.

Таблица 4

**Матрица трапециевидных нечетких чисел, отражающих принадлежность альтернатив частным критериям**

Частные критерии	Альтернативы	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4
$k_1$	$x_1$	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	$x_2$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(4,5,5,6)	(5,6,7,8)
	$x_3$	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)
$k_2$	$x_1$	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)
	$x_2$	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(5,6,7,8)
	$x_3$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(4,5,5,6)
$k_3$	$x_1$	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(4,5,5,6)	(5,6,7,8)
	$x_2$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)
	$x_3$	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)
$k_4$	$x_1$	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)
	$x_2$	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)
	$x_3$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
$k_5$	$x_1$	(7,8,8,9)	(5,6,7,8)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)
	$x_2$	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)
	$x_3$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)
$k_6$	$x_1$	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)
	$x_2$	(8,9,10,10)	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)
	$x_3$	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(5,6,7,8)
$k_7$	$x_1$	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)
	$x_2$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	$x_3$	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(4,5,5,6)	(5,6,7,8)
$k_8$	$x_1$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(4,5,5,6)
	$x_2$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	$x_3$	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)
$k_9$	$x_1$	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)
	$x_2$	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)
	$x_3$	(8,9,10,10)	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)
$k_{10}$	$x_1$	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(5,6,7,8)
	$x_2$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(4,5,5,6)
	$x_3$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
$k_{11}$	$x_1$	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	$x_2$	(5,6,7,8)	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)
	$x_3$	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)
$k_{12}$	$x_1$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)
	$x_2$	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(4,5,5,6)	(5,6,7,8)
	$x_3$	(7,8,8,9)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)	(7,8,8,9)

Таблица 3

**Матрица попарного сравнения и коэффициенты компетентности экспертов**

Попарное сравнение экспертов	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	Коэффициенты компетентности экспертов ( $v_j$ )
$E_1$	1	3	3	1	0,375
$E_2$	0,33	1	1	0,33	0,125
$E_3$	0,33	1	1	0,33	0,125
$E_4$	1	3	3	1	0,375

Элементы нормализованной матрицы принятия решений

Частные критерии	Альтернативы	Весовые коэффициенты частных критериев	Агрегированные трапециевидные нечеткие числа	Элементы взвешенной нечеткой матрицы (x100)	Элементы нормализованной матрицы принятия решений
$k_1$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.06	(0.875,2,2,3.375) (0.5,1.715, 1.88, 3.375) (0.875,2.031,2.06, 3.375)	(5.25, 12, 12, 20.25) (3, 10.29, 11.28, 20.25) (5.25, 12.186, 12.36, 20.25)	(0.259, 0.592, 0.592, 1) (0.148, 0.508, 0.557, 1) (0.259, 0.601,0.61, 1)
$k_2$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.05	(0.875,2.219,2.44,3.75) (0.875,1.586,1.926,3.375) (1.1,1.781,1.846,3.375)	(4.375, 11.08, 12.2, 18.75) (4.375, 7.93, 9.63, 16.875) (5.5, 8.905, 9.23, 16.875)	(0.233, 0.59, 0.65, 1) (0.233, 0.422, 0.513, 0.9) (0.293, 0.474, 0.492, 0.9)
$k_3$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.04	(0.5, 1.684, 1.862, 3.375) (1, 2.062, 2.125, 3,375) 0.875, 2.188, 2.385, 3.75	2, 6.736, 7.448, 13.5) (4, 8.248, 8.5, 13.5) (3.5, 8.752, 9.54, 15)	(0.133, 0.449, 0.496, 0.9) (0.266, 0.549, 0.566, 0.9) (0.233, 0.583, 0.636, 1)
$k_4$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.04	(0.875, 1.809, 1.969, 3.375) (1, 2.25, 2.5, 3.75) (0.875, 2.031, 2.062, 3.375)	(3.5, 7.236, 7.876, 13.5) (4, 9, 10, 15) (3.5, 8.124, 8,248, 13.51)	(0.233, 0.482, 0.525, 0.9) (0.266, 0.6, 0.667, 1) (0.233, 0.541, 0.549, 0.9)
$k_5$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.08	(0.5, 1.68, 1.835, 3.375) (0.875, 2.19, 2.38,3.75) (1, 2.03, 2.08, 3.375)	(4, 13.44, 14.68, 27) (7, 17.52, 19.04, 30) (8, 16.24, 16.64, 27)	(0.133, 0.448, 0.489, 0.9) (0.233, 0.584, 0.634, 1) (0.266, 0.541, 0.554, 0.9)
$k_6$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.03	(0.875, 2.03, 2.06, 3.375) (0.625, 2.219, 2.325, 3.75) (0.875, 1.565, 1.9, 3.375)	(2.625, 6.09, 6.18, 10.125) (1.825, 6.657, 6.975, 11.25) (2.625, 4.695, 5.7, 10.125)	(0.233, 0.541, 0.549, 0.9) (0.162, 0.591, 0.62, 1) (0.233, 0.417, 0.506, 0.9)
$k_7$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.10	(1, 2.25, 2.5, 3.75) (0.875, 2.031, 2.06, 3.375) (0.5, 1.684, 1.86, 3.375)	(10, 22.5, 25, 37.5) (8.75, 20.31, 20.6, 33.75) (5, 16.84, 18.6, 33.75)	(0.266, 0.6, 0.667, 1) (0.233, 0.541, 0.549, 0.9) (0.133, 0.449, 0.496, 0.9)
$k_8$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.09	(1, 1.781, 1.9, 3.375) (0.875, 2.031, 2.062, 3.375) (0.875, 1.836, 1.969, 3.375)	(9, 16.029, 17.1, 30.375) (7.875, 18.279, 18.54, 30.375) (7.875, 16.524, 17.721, 30.375)	(0.296, 0.527, 0.562, 1) (0.259, 0.601, 0.61, 1) (0.259, 0.544, 0.583, 1)
$k_9$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.06	(0.875, 2.188, 2.385, 3.75) (0.875, 2.031, 2.062, 3.375) (0.625, 2.125, 2.343, 3.75)	(5.25, 13.128, 14.31, 22.51) (5.25, 12.186, 12.372, 20.25) (3.75, 12.75, 14.058, 22.51)	(0.233, 0.583, 0.635, 1) (0.233, 0.541, 0.549, 0.9) (0.166, 0.566, 0.624, 1)
$k_{10}$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.04	(0.875, 1.586, 1.875, 3.375) (1, 1.781, 1.843, 3.375) (0.875, 2.031, 2.062, 3.375)	(3.5, 6.34, 7.5, 13.51) (4, 7.124, 7.372, 13.51) (3.5, 8.124, 8.248, 13.51)	(0.259, 0.469, 0.555, 1) (0.296, 0.527, 0.545, 1) (0.259, 0.601, 0.61, 1)
$k_{11}$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.11	(0.875, 2.093, 2.187, 3.75) (0.875,1.808, 1.968, 3.375) (1, 2.25, 2.5, 3.75)	(9.625, 23.023, 24.057, 41.25) (9.625, 19.888, 21.648, 37.125) (11, 24.75, 27.5, 41.25)	(0.233, 0.558, 0.583, 1) (0.233, 0.482, 0.524, 0.9) (0.267, 0.6, 0.667, 1)
$k_{10}$	$x_1$ $x_2$ $x_3$	0.20	(0.875, 2.031, 2.063, 3.375) (0.5, 1.683, 1.812, 3.375) (1, 2.062, 2.125, 3.375)	(17.5, 40.62, 41.26, 67.5) (10, 33.66, 36.24, 67.5) (20, 41.24, 42.5, 67.5)	(0.259, 0.601, 0.611, 1) (0.148, 0.498, 0.536, 1) (0.296, 0.61, 0.629, 1)

Таблица 6

Интегральная матрица ИПР и ИНР, расстояний альтернатив до ИПР и ИНР по значению каждого частного критерия

Частные критерии	$X^*$	$X^-$	$D(x_1X^*)$	$D(x_2X^*)$	$D(x_3X^*)$	$D(x_1X^-)$	$D(x_2X^-)$	$D(x_3X^-)$
$k_1$	(1,1,1,1)	(0.148, 0.148,0.148, 0.148)	0,46	0,539	0,463	0,531	0,636	0,537
$k_2$	(1,1,1,1)	(0.233, 0.233, 0.233, 0.233)	0,467	0,54	0,504	0,417	0,372	0,481
$k_3$	(1,1,1,1)	(0.133, 0.133, 0.133, 0.133)	0,573	0,483	0,472	0,452	0,491	0,551
$k_4$	(1,1,1,1)	(0.233, 0.233, 0.233, 0.233)	0,51	0,449	0,501	0,383	0,476	0,398
$k_5$	(1,1,1,1)	(0.133, 0.133, 0.133, 0.133)	0,575	0,472	0,488	0,45	0,55	0,486
$k_6$	(1,1,1,1)	(0.162, 0.162, 0.162, 0.162)	0,501	0,502	0,543	0,458	0,523	0,427
$k_7$	(1,1,1,1)	(0.133, 0.133, 0.133, 0.133)	0,449	0,501	0,573	0,563	0,483	0,452
$k_8$	(1,1,1,1)	(0.259, 0.259, 0.259, 0.259)	0,476	0,463	0,481	0,421	0,443	0,428
$k_9$	(1,1,1,1)	(0.166, 0.166, 0.166, 0.166)	0,472	0,501	0,505	0,522	0,455	0,515
$k_{10}$	(1,1,1,1)	(0.259, 0.259, 0.259, 0.259)	0,506	0,48	0,463	0,412	0,419	0,443
$k_{11}$	(1,1,1,1)	(0.233, 0.233, 0.233, 0.233)	0,491	0,522	0,448	0,457	0,384	0,477
$k_{12}$	(1,1,1,1)	(0.148, 0.148, 0.148, 0.148)	0,462	0,545	0,442	0,537	0,499	0,545

Расстояние сравниваемых альтернатив до ИПР и ИНР, коэффициент их близости к идеальному решению и соответствующие ранги

Альтернативы	$X^*$	$X^-$	$X^* + X^-$	$\varphi_K(x_i)$	Ранги	Решение
$x_1$	1,7208	1,6287	3,3495	0,486	3	Прием кандидата на работу связан с большим риском
$x_2$	1,7344	1,6719	3,4063	0,491	2	Прием кандидата на работу связан с большим риском
$x_3$	1,6619	1,6651	3,3270	0,501	1	Прием кандидата на работу связан с небольшим риском, который может компенсироваться за счет высоких показателей по другим компетенциям

10. Результаты рассчитанных на основе формулы (12) по значению каждого частного критерия расстояний альтернатив до ИНР приведены в табл. 6.

11. В соответствии с формулами (13), (14) определены расстояния каждой из альтернатив до ИПР и ИНР, соответственно. Далее с использованием формулы (15) рассчитаны значения интегрального показателя, выражающего степень близости каждой сравниваемой альтернативы к идеальному решению, и по результатам определены ранги каждой альтернативы (табл. 7).

В соответствии с полученными результатами наилучшим (оптимальным) вариантом решения в данном случае является альтернатива  $x_3$ .

### Заключение

Предложенный методологический подход к решению задач УЧР с использованием многокритериальной оптимизации на базе метода TOPSIS позволяет повысить адекватность принятых решений за счет приоритизации по степени близости к идеальному решению, обеспечивает объективность и транспарентность принимаемых управленческих решений и предоставляет возможности для расширения сфер приложения методов многокритериальной оптимизации.

Преимущества предложенного подхода к многокритериальной оптимизации для поддержки принятия решений в УЧР сводятся к следующему:

- математическая обоснованность и относительная простота расчетов интегральных показателей, позволяющих осуществить ранжирование альтернативных решений, проводить дальнейший анализ и выбор окончательного варианта решения;
- отсутствие ограничений на число альтернатив и критериев, характеризующих объект исследования;
- учет в алгоритме принятия решений уровня компетентности экспертов, участвующих в процедуре принятия решений;
- учет иерархической структурированности критериев, описывающих альтернативы;
- описание значений нечетких лингвистических переменных в виде нечетких трапециевидных чисел, обеспечивающих устойчивость критериев к границам интервала достоверности;
- возможность распространения предлагаемого методологического подхода на все задачи УЧР, требующие интеллектуальной поддержки процессов принятия решений.

В работе приведена пошаговая демонстрация возможностей предложенного метода в рамках процесса многокритериального анализа и выбора решений на примере задачи отбора и приема на работу, представляющая методическую ценность.

Использование описанного методологического подхода в качестве математической основы компьютерной системы поддержки принятия решений в задачах УЧР может стать действенным инструментом подготовки и принятия эффективных решений в УЧР.

### Список литературы

1. Cole G. A. Personnel and Human Resource Management. Wadsworth: Thomson Learning, 5 edition. 2002, 448 p.
2. Spencer L. M., Spencer S. M. Competence at work models for superior performance. Wiley India Pvt. Limited, 2008. 384 p.
3. Armstrong M. Armstrong's handbook of strategic human resource management. 10th ed. London: Kogan Page, 2006. 216 p.
4. Макарова И. К. Управление человеческими ресурсами. Пять уроков эффективного HR-менеджмента. М.: Дело, 2007. 232 с. URL: <http://www.alleng.ru/d/manag/man094.htm>
5. Иванцевич Дж. М., Лобанов А. А. Человеческие ресурсы управления. М.: Аспект Пресс. 2004. 245 с.
6. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений: учебник. Изд. второе, перераб. и доп. М.: Логос, 2002. 392 с.
7. Микони С. В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив. СПб.: Лань, 2009. 272 с.
8. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981. 212 с.
9. Мамедова М. Г. Принятие решений на основе баз знаний с нечеткой реляционной структурой. Баку: Элм, 1997. 296 с.
10. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.
11. Zadeh L. A. Fuzzy Sets // Information and control. 1965. Vol. 8, № 3. P. 338—351.
12. Трахтенгерц Э. А. Возможности и реализация компьютерных систем поддержки принятия решений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2001. № 3. С. 86—103.
13. Chien C. F., Chen L. F. Data mining to improve personnel selection and enhance human capital: A case study in high-technology industry // Expert Systems with Applications. 2008. Vol. 34, No. 2. P. 280—290.
14. Gungor Z., Serhadoglu G., Kesen S. E. A fuzzy AHP approach to personnel selection problem // Applied Soft Computing. 2009. No. 9. P. 641—649.
15. Chen P. C. A Fuzzy Multiple criteria decision making model in employee recruitment // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. 2009. Vol. 9. No. 7. P. 113—117.
16. Mohsen Varmazyar, Behrouz Nouri. A fuzzy AHP approach for employee recruitment // Decision Science Letters. 2014. No 3. P. 27—36.
17. Hwang C. L., Yoon K. Multiple attributes decision making methods and applications. Heidelberg. Berlin: Springer. 1981. 191 p.
18. Chen C. T. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment // Fuzzy Sets and Systems. 2000. Vol. 114. No. 1. P. 1—9.
19. Dursun M., Karsak E. A fuzzy MCDM approach for personnel selection // Expert Systems with Applications. 2010. Vol. 37, No. 6. P. 4324—4330.
20. Saghafian S., Hejazi S. R. Multi-criteria group decision making using a modified fuzzy TOPSIS procedure // Computational In-

telligence for Modelling, Control and Automation, 2005 and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce-International Conference. Vienna. 2005. 28–30 Nov. Vol. 2. P. 215–221.

21. **Kelemenis A., Askounis D.** A new TOPSIS-based multi-criteria approach to personnel selections // Expert Systems with Applications. 2010. Vol. 37, No. 6. P. 4999–5008.

22. **Kelemenis A., Ergazakis K., Askounis D.** Support managers' selection using an extension of fuzzy TOPSIS // Expert Systems with Applications. 2011. Vol. 38, No. 3. P. 2774–2782.

23. **Polychroniou P. V., Giannikos I.** A fuzzy multicriteria decision-making methodology for selection of human resources in a Greek private bank // Career Development International. 2009. Vol. 14, No. 4. P. 372–387.

24. **Nobari S.** Design of fuzzy decision support system in employee recruitment // Journal of Basic and Applied Scientific Research. 2011. Vol. 1, No. 11. P. 1891–1903.

25. **Akhlagh E.** A rough-set based approach to design an expert system for personnel selection // World Academy of Science, Engineering and Technology. 2011. Vol. 54. P. 202–205. URL: <http://waset.org/Publications/a-rough-set-based-approach-to-design-an-expert-system-for-personnel-selection/14092>

26. **Мамедова М. Г., Джабраилова З. Г.** Нечеткий логический подход к задаче оценки кадрового потенциала // Менеджмент в России и за рубежом. 2004. № 5. С. 111–117. URL: <http://mevri.ru/annotations/2004/5/>

27. **Mammadova M. G., Jabrayilova Z. Q.** Methods of Family Income estimation in the targeting social Assistance System // Appl. Comput. Math. 2007. Vol. 6, No 1. P. 80–87. URL: <http://acmij.az/view.php?lang=az&menu=journal&id=240>

28. **Mammadova M. H., Jabrayilova Z. Q., Mammadzada F. R.** Fuzzy Decision-Making Support Methods for the Selection of IT-Professionals // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 2014. Vol. 3, No. 7. P. 169–175. URL: [http://ijeit.com/Vol%203/Issue%207/IJEIT1412201401\\_31.pdf](http://ijeit.com/Vol%203/Issue%207/IJEIT1412201401_31.pdf)

29. **Neumann J. V., Morgenstern O.** Theory of games and economic behavior. One of Princeton University presses. Notable Centenary Titles. 2007. 776 p.

30. **Afshari A.R., Nikolić M., Čočkalović D.** Applications of fuzzy decision making for personnel selection problem — a review // Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC). 2014. Vol. 4, No. 2. P. 68–77. URL: <http://www.tfzr.rs/jemc/files/Vol4No2/V4N22014-02.pdf>

31. **Mammadova M., Jabrayilova Z., Nobari S.** Application of TOPSIS method in support of decisions made in staff management

issues / IV International Conference "Problems of Cybernetics and Informatics" (PCI–2012). Baku. 2012. Vol. 4. P. 195–198. URL: <http://www.pci2012.science.az/8/11.pdf>

32. **Mammadova M. H., Jabrayilova Z. Q., Mammadzada F. R.** Application of Fuzzy Optimization Method in Decision-making for Personnel Selection // Intelligent Control and Automation. 2014. Vol. 5, No 4. P. 190–204. URL: [file:///C:/Users/HP/Downloads/ICA\\_2014101511233964%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/ICA_2014101511233964%20(1).pdf)

33. **Мамедова М. Г., Джабраилова З. Г.** Нечеткая многокритериальная модель поддержки принятия решений в задачах управления персоналом // Проблемы информационных технологий. 2012. № 2. С. 37–46. URL: <http://ipit.az/storage/files/article/1736718f0ccee21e4cbd816d9dcb28d2.pdf>

34. **Saaty T. L., Cho Y.** The decision by the US Congress on China's trade status: A multicriteria analysis // Socio-Economic Planning Sciences. 2001. Vol. 35, No. 6. P. 243–252.

35. **Belton V., Stewart T.** Multiple criteria decision analysis: An Integrated Approach. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts. 2002. 118 p.

36. **Карелин В. П.** Модели и методы представления знаний и выработки решений в интеллектуальных информационных системах с нечеткой логикой // Вестник ТИУЭ. Таганрог. 2014. № 1. С. 75–82.

37. **Zadeh L. A.** Fuzzy Logic = Computing with Words // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 1996. Vol. 4, No. 2. P. 103–111.

38. **Заде Л. А.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир. 1976. 167 с.

39. **Chen C. T., Lin C. T., Huang S. F.** A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management // International Journal of Production Economics. 2006. Vol. 102, No. 2. P. 289–301.

40. **Саати Т. Л.** Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.

41. **Ногин В. Д.** Принятие решений при многих критериях. С-Пб.: 2007. 103 с.

42. **Hsu H. M., Chen C. T.** Fuzzy credibility relation method for multiple criteria decision-making problems // Information Sciences. 1997. Vol. 96, No. 1–2. P. 79–91.

43. **Jabrayilova Z. G., Nobari S. M.** Processing methods of information about the importance of the criteria in the solution of personnel management problems and contradiction detection // Problems of information technology. 2011. No. 2. P. 57–66. URL: <http://ipit.az/storage/files/article/8a78f78a95641546667c863d448bfa7d.pdf>

**M. H. Mammadova**, D. Sc. of eng., Prof., Head of Department IIT of ANAS

**Z. G. Jabrayilova**, Phd of eng., Assistant Prof., Chief Researcher IIT of ANAS

Institut of Information Technology of Azerbaijan National Academy of Science

AZ1141, Azerbaijan Republic, Baku c., B. Vahabzadeh str., 9 depart15@iit.ab.az, www.ikt.az

## The Methodological Approach to Multi-Criteria Decision-making in Human Resource Management

*The methodological approach to decision-making in human resource management (HRM) is developed. The paper presents a generalized conceptual decision-making model in HRM. To ensure the adaptability of multi-criteria decision-making in HRM a modified TOPSIS method is proposed. Introducing additional components into the decision-making algorithm, this modification excludes the hierarchical structure of criteria, and takes into account the competence of experts. The method is tested on the employment case study.*

**Keywords:** human resource management, decision-making, fuzzy environment, multi-criteria optimization, experts' competence, TOPSIS method

### References

1. **Cole G. A.** *Personnel and Human Resource Management*, Wadsworth, Thomson Learning, 5 ed. 2002. 448 p.

2. **Spencer L. M., Spencer S. M.** *Competence at work models for superior performance*, Wiley India Pvt. Limited. 2008. 384 p.

3. **Armstrong M.** *Armstrong's handbook of strategic human resource management*, 10th ed., London, Kogan Page, 2006, 216 p.

4. **Makarova I. K.** *Upravlenie chelovecheskimi resursami. Pyat urovnev effektivnogo HR-menedzhmenta*, Moscow, Delo, 2007, 232 p. URL: <http://www.alleng.ru/d/manag/man094.htm>

5. **Ivantsevich Dzh. M., Lobanov A. A.** *Chelovecheskie resursy upravleniya*, Moscow, Aspekt Press, 2004, 245 p.

6. **Larichev O. I.** Teoriya i metodyi prinyatiya resheniy, Ucheb-nik, Izd. 2-nd, Moscow, LogoS, 2002, 392 p.
7. **Mikoni S. V.** Mnogokriterialnyiy vyibor na konechnom mnozhestve alternativ, Sankt-Peterburg, Lan, 2009, 272 p.
8. **Orlovskiy S. A.** Problemyi prinyatiya resheniy pri nechetkoy ishodnoy informatsii, Moscow, Nauka, 1981, 212 p.
9. **Mamedova M. G.** Prinyatie resheniy na osnove baz znaniy s nechetkoy relyatsionnoy strukturoy, Baku, Elm, 1997, 296 p.
10. **Kofman A.** Vvedenie v teorii nechetkikh mnozhestv, Moscow, Radio i svyaz, 1982, 432 p.
11. **Zadeh L. A.** Fuzzy Sets, *Information and control*, 1965, vol. 8, no. 3, pp. 338–351.
12. **Trahtengerts E. A.** Vozmozhnosti i reahzatsiya kompyuternykh sistem podderzhki prinyatiya resheniy, *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya*, 2001, no. 3, pp. 86–103.
13. **Chien C. F., Chen L. F.** Data mining to improve personnel selection and enhance human capital: A case study in high-technology industry, *Expert Systems with Applications*, 2008, vol. 34, no. 2, pp. 280–290.
14. **Gungor Z., Serhadlioglu G., Kesen S. E.** A fuzzy AHP approach to personnel selection problem, *Applied Soft Computing*, 2009, no. 9, pp. 641–649.
15. **Chen P. C.** A Fuzzy Multiple criteria decision making model in employee recruitment, *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 2009, vol. 9, no. 7, pp. 113–117.
16. **Mohsen Varmazyar, Behrouz Nouri.** A fuzzy AHP approach for employee recruitment, *Decision Science Letters*, 2014, no. 3, pp. 27–36.
17. **Hwang C. L., Yoon K.** *Multiple attributes decision making methods and applications*, Heidelberg, Berlin: Springer, 1981, 191 p.
18. **Chen C. T.** Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 2000, vol. 114, no. 1, pp. 1–9.
19. **Dursun M., Karsak E.** A fuzzy MCDM approach for personnel selection, *Expert Systems with Applications*, 2010, vol. 37, no. 6, pp. 4324–4330.
20. **Saghafian S., Hejazi S. R.** Multi-criteria group decision making using a modified fuzzy TOPSIS procedure, *Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, 2005 and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce-International Conference*, Vienna, 2005, 28–30 Nov, vol. 2, pp. 215–221.
21. **Kelemenis A., Askounis D.** A new TOPSIS-based multi-criteria approach to personnel selections, *Expert Systems with Applications*, 2010, vol. 37, no. 6, pp. 4999–5008.
22. **Kelemenis A., Ergazakis K., Askounis D.** Support managers' selection using an extension of fuzzy TOPSIS, *Expert Systems with Applications*, 2011, vol. 38, no. 3, pp. 2774–2782.
23. **Polychroniou P. V., Giannikos I.** A fuzzy multicriteria decision-making methodology for selection of human resources in a Greek private bank, *Career Development International*, 2009, vol. 14, no. 4, pp. 372–387.
24. **Nobari S.** Design of fuzzy decision support system in employee recruitment // *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2011, vol. 1, no. 11, pp. 1891–1903.
25. **Akhlagh E.** A rough-set based approach to design an expert system for personnel selection, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2011, vol. 54, pp. 202–205. URL: <http://waset.org/Publications/a-rough-set-based-approach-to-design-an-expert-system-for-personnel-selection/14092>
26. **Mamedova M. G., Dzhabrailova Z. G.** Nechetkiy logicheskii podhod zadache otsenki kadrovogo potentsiala, *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*, 2004, no. 5, pp. 111–117. URL: <http://mevriz.ru/annotations/2004/5/>
27. **Mammadova M. G., Jabrayilova Z. Q.** Methods of Family Income estimation in the targeting social Assistance System- Appl. *Comput. Math.* vol. 6, 2007, no. 1, pp. 80–87. URL: <http://acmij.az/view.php?lang=az&menu=iournal&id=240>
28. **Mammadova M. H., Jabrayilova Z. Q., Mammadzada F. R.** Fuzzy Decision-Making Support Methods for the Selection of IT-Professionals, *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 2014, vol. 3, no. 7, pp. 169–175. URL: [http://ijeit.com/Vol%203/Issue%207/IJEIT14I2201401\\_31.pdf](http://ijeit.com/Vol%203/Issue%207/IJEIT14I2201401_31.pdf)
29. **Neumann J. V., Morgenstern O.** *Theory of games ana economic behavior*. One of Princeton University presses, Notable Centenary Titles, 2007, 776 p.
30. **Afshari A. R., Nikolić M., Čočkaló D.** Applications of fuzzy decision making for personnel selection problem – a review, *Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC)*, 2014, vol. 4, no. 2, pp. 68–77. URL: <http://www.tfzr.rs/jemc/files/Vol4No2/V4N22014-02.pdf>
31. **Mammadova M., Jabrailova Z., Nobari S.** Application of TOPSIS method in support of decisions made in staff management issues, *IV International Conference "Problems of Cybernetics and Informatics" (PCI-2012)*, Baku, 2012, vol. 4, pp. 195–198. URL: <http://www.pci2012.science.az/8/11.pdf>
32. **Mammadova M. H., Jabrayilova Z. Q., Mammadzada F. R.** Application of Fuzzy Optimization Method in Decision-making for Personnel Selection, *Intelligent Control and Automation*, 2014, vol. 5, no. 4, pp. 190–204. URL: [file:///C:/Users/HP/Downloads/ICA\\_2014101511233964%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/ICA_2014101511233964%20(1).pdf)
33. **Mamedova M. G., Dzhabrailova Z. G.** Nechetkaya mnogokriterialnaya model podderzhki prinyatiya resheniy v zadachah upravleniya personalom, *Problemyi informatsionnykh tehnologiy*, 2012, no. 2, pp. 37–46. URL: <http://jpit.az/storage/files/article/1736718f0ccee21e4cbd816d9dcb28d2.pdf>
34. **Saaty T. L., Cho Y.** The decision by the US Congress on China's trade status: A multicriteria analysis, *Socio-Economic Planning Sciences*, 2001, vol. 35, no. 6, pp. 243–252.
35. **Belton V., Stewart T.** *Multiple criteria decision analysis: An Integrated Approach*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 2002, 118 p.
36. **Karelin V. P.** Modeli i metodyi predstavleniya znaniy i vyirabotki resheniy v intejjektualnykh informatsionnykh sistemah s nechetkoy logikoy, *Vestnik TIUE, Taganrog*, 2014, no. 1, pp. 75–82.
37. **Zadeh L. A.** Fuzzy Logic = Computing with Words, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 1996, vol. 4, no. 2, pp. 103–111.
38. **Zade L. A.** *Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennykh resheniy*, Moscow, Mir, 1976, 167 p.
39. **Chen C. T., Lin C. T., Huang S. F.** A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *International Journal of Production Economics*, 2006, vol. 102, no. 2, pp. 289–301.
40. **Saati T. L.** *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarhiy*, Moscow, Radio i svyaz, 1993, 320 p.
41. **Nogin V. D.** *Prinyatie resheniy pri mnogih kriteriyah*, S-Pb., 2007, 103 p.
42. **Hsu H. M., Chen C. T.** Fuzzy credibility relation method for multiple criteria decision-making problems, *Information Sciences*, 1997, vol. 96, no. 1–2, pp. 79–91.
43. **Jabrailova Z. G., Nobari S. M.** Processing methods of information about the importance of the criteria in the solution of personnel management problems and contradiction detection, *Problems of information technology*, 2011, no. 2, pp. 57–66. URL: <http://jpit.az/storage/files/article/8a78f78a95641546667c863d4448bfa7d.pdf>

## Адрес редакции:

107076, Москва, Стромынский пер., 4

Телефон редакции журнала (499) 269-5510

E-mail: [it@novtex.ru](mailto:it@novtex.ru)

Технический редактор *Е. В. Конова*.

Корректор *Т. В. Пчелкина*.

Сдано в набор 07.04.2016. Подписано в печать 23.05.2016. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 8,86. Заказ ПГ616. Цена договорная.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-15565 от 02 июня 2003 г.

Оригинал-макет ООО "Авансед солюшнз". Отпечатано в ООО "Авансед солюшнз".

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1.