

*У статті виділені специфічні особливості задач управління людськими ресурсами (УЛР), що дозволяють ідентифікувати їх як завдання багатокритеріального аналізу і прийняття рішень в нечіткому середовищі. Запропоновано узагальнену концептуальну модель прийняття рішень в задачах УЧР. Запропоновано модифікацію TOPSIS, яка полягає в інтегруванні в алгоритм прийняття рішень додаткової компоненти, що забезпечує розрахунок на основі методу аналізу ієрархій коефіцієнтів компетенцій експертів*

*Ключові слова: управління, людські ресурси, прийняття рішень, нечітка середу, інтелектуальні технології, багатокритеріальна оптимізація*

*В статье выделены специфические особенности задач управления человеческими ресурсами (УЧР), позволяющие идентифицировать их как задачи многокритериального анализа и принятия решений в нечеткой среде. Предложена обобщенная концептуальная модель принятия решений в задачах УЧР. Предложена модификация TOPSIS, заключающаяся в интегрировании в алгоритм принятия решений дополнительной компоненты, обеспечивающей расчет на основе метода анализа иерархий коэффициентов компетенций экспертов*

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

УДК 004.836

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.40533

# МНОГО-КРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ НА БАЗЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА TOPSIS

М. Г. Мамедова

Доктор технических наук, профессор\*

E-mail: mmg51@mail.ru

З. Г. Джабраилова

Кандидат технических наук, доцент\*

E-mail: depart15@iit.ab.az

\*Институт информационных технологий

Национальной Академии наук Азербайджана

ул. Б. Вахабзаде, 9, г. Баку, Азербайджан, Az1141

## 1. 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. Персонал организации рассматривается как основной стратегический ресурс, обеспечивающий ее деятельность и достижение поставленных целей. Поэтому, наряду с другими активами организации, возникает необходимость управления человеческими ресурсами [1, 2].

Принципиально новое отношение к персоналу составляет основу концепции управления человеческими ресурсами. Согласно этой концепции управление человеческими ресурсами представляет собой особый вид управленческой деятельности. Главным объектом управления в данном случае является человек и его компетенции, включающие знания, навыки и профессиональные умения, личностные и поведенческие качества, мотивационные установки, интеллектуальный и квалификационный потенциал последнего, а управление человеческими ресурсами направлено на поддержку стратегии деятельности организации в контексте возрастающей роли и значимости человеческого фактора [1, 2]. Это обуславливает необходимость изменения подходов к управлению человеческими ре-

сурсами (УЧР) организации в направлении ориентирования их деятельности на решение стоящих перед организацией задач, с одной стороны, и создания условий для профессионального и творческого развития персонала, вложения средств в данный ресурс, с другой стороны [3–5]. В этом случае средства, вложенные в развитие человеческих ресурсов, повышение квалификации персонала, превращаются в инвестиции, а не в затраты [6].

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Задачи, решаемые в сфере управления человеческими ресурсами и составляющие основу кадровой политики, достаточно разнообразны и сложны. Эти задачи объединяет то, что они затрагивают взаимоотношения работников (а также претендентов на рабочие места) и лиц, принимающих решение (ЛПР). Международная практика показывает, что в условиях рыночной экономики, возрастающей конкуренции эффективное функционирование организации существенно зависит от правильного выбора политики управления человеческими ресурсами [5, 6]. Изменения, происходящие на рынке труда, в свою очередь, обуславливают серьезные трансформации во взаимоотношениях с персоналом и требуют разработку новых концепту-

альных подходов и научно обоснованных методов в политике регулирования этих отношений в зависимости от конкретной задачи УЧР. Так, для принятия адекватных новым условиям решений относительно планирования персонала, отбора, найма, адаптации к изменяющейся рыночной среде, удержания, увольнения, продвижения, развития, обучения и мотивации кадров ЛПР должен 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 [7–11]. 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 слабо структурируемые, 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. Преодоление перечисленных сложностей обуславливает необходимость выбора, создания или развития методологических подходов к многокритериальному анализу и принятию решений в управлении человеческими ресурсами на базе интеллектуальных технологий, методов и компьютерных систем поддержки принятия решений.

В работах [8, 10] 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 количества рассматриваемых вариантов (альтернатив) и числа описывающих их признаков, иерархическую структурированность последних, технологии представления экспертных знаний и т.п. На сегодня имеется большое количество методов многокритериального выбора, каждый из которых обладает определенным набором свойств [8–13]. Поэтому качество выбранного решения в значительной степени зависит от поставленной цели, исходных данных, принятой модели и методов выбора объектов.

В работах [14–21] предложены различные методологические подходы к решению задач УЧР, различающиеся по постановке, размерности признакового пространства, возможностям устранения противоречивости экспертных данных, типу и характеру экспертной информации и т.п. Анализ этих подходов показывает, что в реализации подобных задач в контексте УЧР существенную роль играют как предпочтения лица, принимающего решение, так и опыт, знания и интуиция экспертов. При этом способность человека меньше ошибаться, работая с вербальными данными, требует выбора методов оперирования с

лингвистическими переменными. Поэтому в задачах управления человеческими ресурсами для оперирования такими данными целесообразно применение моделей и методов, базирующихся на теории нечетких множеств и нечеткой логики [22, 23]. Далее, несмотря на то, что эксперт является основной фигурой в системе поддержки принятия решений в УЧР и их компетентность в определенной степени влияет на конечный результат, вопросам оценки компетентности участвующих в процессе принятия решений экспертов не уделено должного внимания. Следует отметить, что в литературе, посвященной принятию решений, проблема выявления и оценки компетентности экспертов является одной из слабо проработанных.

В работе рассмотрены специфические особенности задач управления человеческими ресурсами, через призму которых выявлены недостатки имеющихся подходов к их решению. Предложен методологический подход к решению задач УЧР, учитывающий специфику задач УЧР и компенсирующий ряд недостатков существующих методов. На примере конкретной задачи УЧР путем ее решения альтернативным методом и с использованием предложенного инструментария показана эффективность последнего.

---

### 3. Цель и задачи исследования

---

Цель настоящего исследования заключается в разработке методологического подхода к принятию управленческих решений в задачах УЧР в соответствии с приведенной ниже концептуальной моделью и в проверке его эффективности.

Для достижения поставленной цели авторами в качестве метода многокритериальной оптимизации (принятия решений в многокритериальной постановке) в задачах УЧР выбран метод TOPSIS (The Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution), позволяющий устранить ряд недостатков имеющихся инструментальных подходов. Метод модифицирован к условиям принятой концептуальной модели принятия решений в задачах УЧР.

---

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

---

В работах [24–26] 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, относятся задача управления процессами трудоустройства (отбор, оценка и прием на работу); задача аттестации (выявление соответствия персонала занимаемой должности); задача организации системы вознаграждения персонала; задача планирования карьеры работников (продвижение по службе); задача формирования 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 характер критериев;

- невозможность однозначного определения критериев и изменчивость области их значений;

- различное влияние критериев и показателей на рассматриваемые варианты (объекты, альтернативы), а также необходимость учета различия их весов. Это определяет необходимость привлечения к процессу принятия решений экспертов (носителей информации) и учета мнений последних;

- наличие в реальных ситуациях большого количества 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 [27, 28].

Исследования в области выявления возможностей управления человеческими ресурсами в нечеткой среде, проведенные авторами, позволили выявить необходимость учета еще одного важного фактора. Так, для повышения объективности и качества принимаемого решения к процедуре оценки важности критериев и показателей, влияющих на конечный результат, привлекаются эксперты. 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.

Анализ наработанных к настоящему времени подходов и методов к решению задач УЧР [14–21, 24–26] показал их большое многообразие и позволил выделить обусловленность такой ситуации следующими факторами: 1) постановкой задачи принятия решений в УЧР; 2) уровнем комплексности поставленной задачи, т. е. степени учета в постановке задачи управления человеческими ресурсами их специфики (частично или полностью); 3) содержательным и количественным различием множеств характеризующих задачи УЧР критериев и частных критериев, влияющими на расчет интегрального показателя; 4) различием единиц измерения частных критериев и методов оценки их весов (субъективных, объективных); 5) способами агрегирования частных критериев; 6) использованием разных методов свертки критериев; 7) необходимостью участия экспертов в процесса принятия решений или наоборот.

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

- 1) возможность принятия решений в нечеткой среде;

- 2) отсутствие ограничений на число альтернатив, критериев и частных критериев;

- 3) расчет компетентности экспертов, участвующих в процедуре принятия решений;

- 4) учет иерархической структурированности критериев, описывающих альтернативы.

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

- множество допустимых альтернатив

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} = \{x_i, i = \overline{1, n}\};$$

- множество критериев выбора, характеризующих альтернативы –  $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\} = \{K_j, j = \overline{1, m}\};$

- множество подкритериев, характеризующих каждый из критериев –  $K_j = \{k_{j1}, k_{j2}, \dots, k_{jT}\} = \{k_{jt}, t = \overline{1, T}\};$

- область определения значений каждого частного критерия –  $Y;$

- группа экспертов, участвующих в процедуре принятия решений –  $E;$

- множество отношений между экспертами –  $V;$

- отношения между множествами  $X, K$  и  $E$  –  $P;$

- лингвистические выражения, отражающие степень удовлетворения альтернатив частным критериям (степень принадлежности) –  $L.$

- отношения между критериями и частными критериями –  $W.$

В работах [24, 29, 30] авторами предложены методы решения задач УЧР на основе многокритериальной скалярной оптимизации, позволяющие учитывать иерархическую структурированность неравнозначных критериев. Методы многокритериальной скалярной оптимизации, основоположниками которых являются Фон Нейман и Моргенштерн, базируются на агрегировании функций принадлежности альтернатив критериям [31]. Преимущество этого подхода заключается в том, что данная модель будет работать даже в том случае, если не будут удовлетворены, т. е. равна нулю принадлежности по нескольким критериям. Однако именно это казалось бы преимущество данного подхода является его недостатком, так как альтернатива, имеющая нулевую принадлежность по некоторым критериям, в результате может оказаться наилучшей [9].

---

## 5. 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 [32]. 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 последней достаточно эффективно можно решить задачи нечеткой многокритериальной оптимизации, которые составляют математическую основу под-

держки принятия решений в задачах управления человеческими ресурсами. Под многокритериальной оптимизацией в теории принятия решений подразумевается выбор наилучшего решения среди возможных альтернатив [8, 9].

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 принадлежности равна единице, а при отступлении от своего максимума влево или вправо функция принадлежности убывает [33]. Согласно [34] 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  $n_2$  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 вводятся операции над нечеткими числами [35].

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

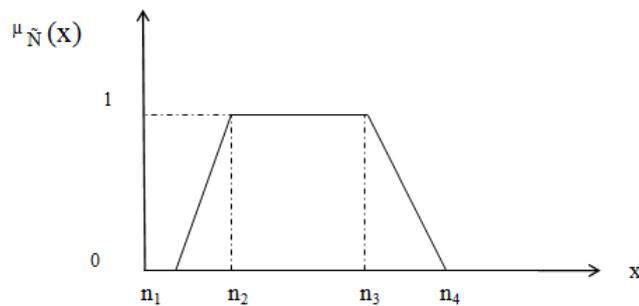


Рис. 1. Трапециевидное нечеткое число

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:

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

Расстояние между двумя нечеткими трапециевидными числами определяется из выражения [36, 37]:

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

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

Для реализации метода необходимо оперировать с 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.

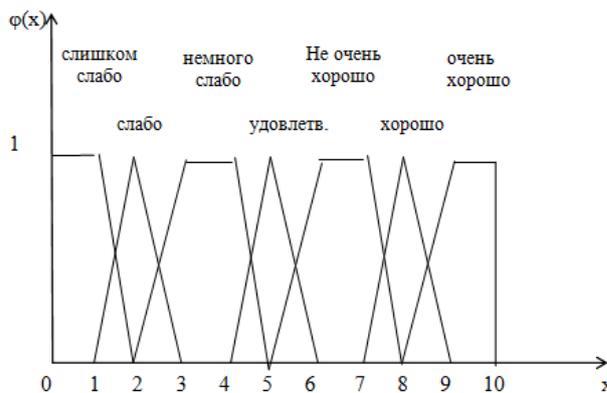


Рис. 2. Преобразование лингвистических значений в нечеткие трапециевидные числа

Табл. 1 демонстрирует 7-уровневые значения лингвистической переменной и соответствующие им 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)

В соответствии с табл.1 для каждого значения лингвистической переменной можно найти числовое соответствие. Так, например, числовое соответствие лингвистического значения «частично хорошо», представляющего собой одну из градаций измерения свойств, в 10 балльной системе оценки определяется как (5–8).

**6. Алгоритм многокритериальной оптимизации задач УЧР на базе метода TOPSIS**

**Постановка задачи**

Пусть известны 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 критериев;
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.  $w_{jt}, t = \overline{1, s_j}, j = \overline{1, m}$  – коэффициенты относительной важности частных критериев ( $k_j = \{k_{jt}, t = \overline{1, s_j}\}$ );
7.  $v_l, l = \overline{1, g}$  – коэффициенты компетентности экспертов.

**Целью задачи** является ранжирование альтернатив на основе оценок экспертов с учетом компетентности последних.

**Решение задачи** 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 и частных критериев определяются веса [38, 39], с которыми последние войдут в расчет интегрального критерия K. В формализованном виде произведением

$w_j$ , 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, характеризующая альтернативы, сводится к одноступенчатой иерархии (рис. 4).

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

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

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

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

В таком случае,  $w_z = w_{jt}^K$ .

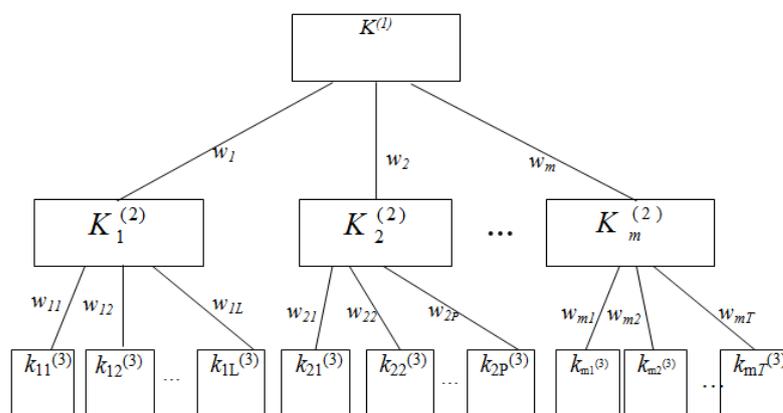


Рис. 3. Иерархическая структурированность критериев выбора, характеризующих альтернативы

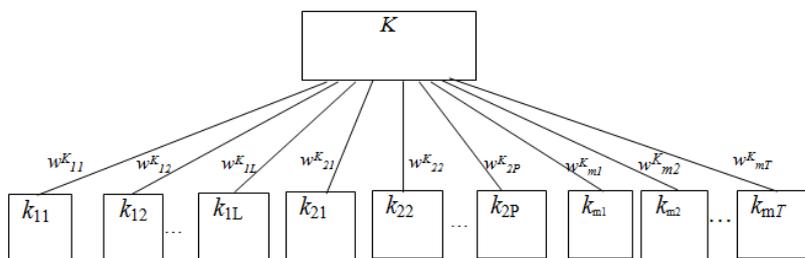


Рис. 4. Сведение критерия K с одноступенчатой иерархии на основе МАИ

**Шаг 2.** Степени принадлежности (соответствия) альтернатив частным критериям оцениваются лингвистическими значениями (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:

$$R^l = [r_{iz}^l], i = \overline{1, g} \Leftrightarrow \{a_{iz}^l, b_{iz}^l, c_{iz}^l, d_{iz}^l\}, i = \overline{1, g}.$$

**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 дополнительного шага, предполагающего расчет

и введение коэффициентов компетентности экспертов, участвующих в процедуре оценки альтернатив.

С учетом коэффициентов компетентности экспертов  $v_l, l = \overline{1, g}$  формируется матрица

$$R^{v_l} = [r_{iz}^{v_l}], l = \overline{1, g} \Leftrightarrow \{a_{iz}^{v_l}, b_{iz}^{v_l}, c_{iz}^{v_l}, d_{iz}^{v_l}\}, l = \overline{1, g}.$$

Элементами этой матрицы являются трапециевидные числа, которые выражают 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 определяются следующим образом:

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

**Шаг 5.** Элементы матрицы  $R_{iz} = [r_{iz}] \Leftrightarrow \{a_{iz}, b_{iz}, c_{iz}, d_{iz}\}$  умножаются на веса 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 [40], на основе которого определяются  $d_z^+ = \max d_{iz}^w, i = \overline{1, n}$ . Далее на основе выражения

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

определяются элементы нормализованной матрицы принятия решений.

**Шаг 7.** На основе взвешенных значений определяется идеальное положительное (наилучшее) решение

(ИПР)  $X^*$ . С этой целью для каждого  $k_z, z = \overline{1, Z}$  отбираются

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

формируется матрица

$$X^* = [d_z^*] = [(d_1^*, d_1^*, d_1^*, d_1^*), \dots, (d_z^*, d_z^*, d_z^*, d_z^*)]. \quad (8)$$

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

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

и формируется следующая матрица:

$$X^- = [a_z^-] = [(a_1^-, a_1^-, a_1^-, a_1^-), \dots, (a_z^-, a_z^-, a_z^-, a_z^-)]. \quad (10)$$

**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 решения к сумме расстояний до наилучшего и наихудшего решений:

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

$$\phi(x_i) = \frac{D^-(x_i)}{D(x_i)}. \tag{15}$$

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

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

В управлении человеческими ресурсами 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 требованиям 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 проводились для оценки кандидатов, претендующих на должность в Отдел управления человеческими ресурсами Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики (ГНКАР). 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 [38] определены коэффициенты относительной важности критериев и частных критериев. При этом рассмотрена также задача выявления противоречий в экспертных оценках [38, 41]. 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 К.

Таблица 2

Коэффициенты относительной важности критериев и частных критериев, веса частных критериев в К

критерии	коэффициенты относительной важности критериев	частные критерии	коэффициенты относительной важности частных критериев	весовые коэффициенты частных критериев
К <sub>1</sub> Профессиональные (образование, знания, профессиональные навыки, умения и т. п.)	0.11	k <sub>11</sub> соответствие полученного образования требованиям рабочего места	0.54	0.06
		k <sub>12</sub> научно-исследовательские способности	0.46	0.05
К <sub>2</sub> Мотивационные	0.08	k <sub>21</sub> целеустремленность	0.47	0.04
		k <sub>22</sub> ориентация на результат	0.53	0.04
К <sub>3</sub> Деловые	0.4	k <sub>31</sub> трудолюбие	0.2	0.08
		k <sub>32</sub> креативность	0.22	0.13
		k <sub>33</sub> инициативность	0.26	0.10
		k <sub>34</sub> самостоятельность	0.32	0.09
К <sub>4</sub> Личностные	0.1	k <sub>41</sub> трудолюбие	0.63	0.06
		k <sub>42</sub> обучаемость	0.37	0.04
К <sub>5</sub> Индивидуально-психологические и здоровье	0.31	k <sub>51</sub> физическое здоровье	0.35	0.11
		k <sub>52</sub> нервно-психологическая устойчивость	0.65	0.20

Таблица 4

Оценка альтернатив с использованием значений лингвистических переменных

Частные критерии	Альтернативы	Экспертные оценки			
		Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4
k <sub>11</sub>	x <sub>1</sub>	хорошо	хорошо	хорошо	хорошо
	x <sub>2</sub>	хорошо	очень хорошо	Удовл.	не очень хорошо
	x <sub>3</sub>	хорошо	хорошо	очень хорошо	хорошо
k <sub>12</sub>	x <sub>1</sub>	очень хорошо	очень хорошо	хорошо	очень хорошо
	x <sub>2</sub>	не очень хорошо	хорошо	очень хорошо	не очень хорошо
	x <sub>3</sub>	хорошо	очень хорошо	очень хорошо	удовл.
k <sub>21</sub>	x <sub>1</sub>	хорошо	хорошо	удовл.	не очень хорошо
	x <sub>2</sub>	хорошо	очень хорошо	очень хорошо	хорошо
	x <sub>3</sub>	очень хорошо	хорошо	хорошо	очень хорошо
k <sub>22</sub>	x <sub>1</sub>	не очень хорошо	хорошо	очень хорошо	хорошо
	x <sub>2</sub>	очень хорошо	очень хорошо	очень хорошо	очень хорошо
	x <sub>3</sub>	хорошо	очень хорошо	хорошо	хорошо
k <sub>31</sub>	x <sub>1</sub>	хорошо	не очень хорошо	очень хорошо	хорошо
	x <sub>2</sub>	очень хорошо	хорошо	хорошо	очень хорошо
	x <sub>3</sub>	хорошо	очень хорошо	очень хорошо	хорошо
k <sub>32</sub>	x <sub>1</sub>	хорошо	хорошо	очень хорошо	хорошо
	x <sub>2</sub>	очень хорошо	не очень хорошо	хорошо	очень хорошо
	x <sub>3</sub>	не очень хорошо	хорошо	очень хорошо	не очень хорошо
k <sub>33</sub>	x <sub>1</sub>	очень хорошо	очень хорошо	очень хорошо	очень хорошо
	x <sub>2</sub>	хорошо	очень хорошо	хорошо	хорошо
	x <sub>3</sub>	хорошо	хорошо	удовл.	не очень хорошо
k <sub>34</sub>	x <sub>1</sub>	хорошо	очень хорошо	очень хорошо	удовл.
	x <sub>2</sub>	хорошо	очень хорошо	хорошо	хорошо
	x <sub>3</sub>	не очень хорошо	хорошо	очень хорошо	хорошо
k <sub>41</sub>	x <sub>1</sub>	очень хорошо	хорошо	хорошо	очень хорошо
	x <sub>2</sub>	хорошо	хорошо	очень хорошо	хорошо
	x <sub>3</sub>	очень хорошо	не очень хорошо	хорошо	очень хорошо
k <sub>42</sub>	x <sub>1</sub>	не очень хорошо	хорошо	очень хорошо	не очень хорошо
	x <sub>2</sub>	хорошо	очень хорошо	очень хорошо	удовл.
	x <sub>3</sub>	хорошо	очень хорошо	хорошо	хорошо
k <sub>51</sub>	x <sub>1</sub>	очень хорошо	хорошо	хорошо	хорошо
	x <sub>2</sub>	не очень хорошо	хорошо	очень хорошо	хорошо
	x <sub>3</sub>	очень хорошо	очень хорошо	очень хорошо	очень хорошо
k <sub>52</sub>	x <sub>1</sub>	хорошо	очень хорошо	хорошо	хорошо
	x <sub>2</sub>	хорошо	хорошо	удовл.	не очень хорошо
	x <sub>3</sub>	хорошо	очень хорошо	очень хорошо	хорошо

Таблица 3

Матрица попарного сравнения и коэффициенты компетентности экспертов

Попарное сравнение экспертов	E1	E2	E3	E4	Коэффициенты компетентности экспертов (v <sub>i</sub> )
E1	1	3	3	1	0,375
E2	0,33	1	1	0,33	0,125
E3	0,33	1	1	0,33	0,125
E4	1	3	3	1	0,375

В результате попарного сравнения получены следующие значения коэффициентов компетентности экспертов: v<sub>1</sub>=0,375, v<sub>2</sub>=0,125, v<sub>3</sub>=0,125, v<sub>4</sub>=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 (табл. 4).

5. На основе табл. 4 с учетом степеней принадлежности (удовлетворения) трех кандидатов (альтернатив) 12 частным критериям на основе оценок четырех экспертов построена  $3 \times 12 \times 4$ -мерная обобщенная матрица трапециевидных нечетких чисел (табл. 5).

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

Таблица 5

Матрица трапециевидных нечетких чисел, отражающих принадлежность альтернатив частным критериям

Частные критерии	альтернативы	Эксперты			
		Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4
$k_{11}$	$x_1$	(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)
$k_{12}$	$x_1$	(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)
$k_{21}$	$x_1$	(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)
$k_{22}$	$x_1$	(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)
$k_{31}$	$x_1$	(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)
$k_{32}$	$x_1$	(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)
$k_{33}$	$x_1$	(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)
$k_{34}$	$x_1$	(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)
$k_{41}$	$x_1$	(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)
$k_{42}$	$x_1$	(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)
$k_{51}$	$x_1$	(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)
$k_{52}$	$x_1$	(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 6

Агрегированные трапециевидные нечеткие числа, полученные с учетом компетентности экспертов

Частные критерии	альтернативы	Эксперты				Агрегированные трапециевидные нечеткие числа
		Эксперт 1 ( $v_1=0,375$ )	Эксперт 2 ( $v_2=0,125$ )	Эксперт 3 ( $v_3=0,125$ )	Эксперт 4 ( $v_4=0,375$ )	
k <sub>11</sub>	x <sub>1</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(0.875,1,1,1.125)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875,2,2,3.375)
	x <sub>2</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(0.5,0.625,0.625,0.75)	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.5,1.715, 1.88, 3.375)
	x <sub>3</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(1,1.125,1.25,1.25)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875,2.031,2.06, 3.375)
k <sub>12</sub>	x <sub>1</sub>	(3, 3.375,3.75,3.75)	(1,1.125,1.25,1.25)	(0.875,1,1,1.125)	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.875,2.219,2.44,3.75)
	x <sub>2</sub>	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.875,1.586,1.926,3.375)
	x <sub>3</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1.4, 1.875,1.875,2.11)	(1,1,1.781,1.846,3.375)
k <sub>21</sub>	x <sub>1</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(0.5,0.625,0.625,0.75)	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.5, 1.684, 1.862, 3.375)
	x <sub>2</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1,1.125,1.25,1.25)	(2.625,3,3,3.375)	(1, 2.062, 2.125, 3.375)
	x <sub>3</sub>	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.875,1,1,1.125)	(0.875,1,1,1.125)	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.875, 2.188, 2.385, 3.75)
k <sub>22</sub>	x <sub>1</sub>	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(1,1.125,1.25,1.25)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875, 1.809, 1.969, 3.375)
	x <sub>2</sub>	(3, 3.375,3.75,3.75)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1,1.125,1.25,1.25)	(3, 3.375,3.75,3.75)	(1, 2.25, 2.5, 3.75)
	x <sub>3</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(0.875,1,1,1.125)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875, 2.031, 2.062, 3.375)
k <sub>31</sub>	x <sub>1</sub>	(2.625,3,3,3.375)	0.625,0.75,0.875,1	(1,1.125,1.25,1.25)	(2.625,3,3,3.375)	(0.5, 1.68, 1.835, 3.375)
	x <sub>2</sub>	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.875,1,1,1.125)	(0.875,1,1,1.125)	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.875, 2.19, 2.38,3.75)
	x <sub>3</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1,1.125,1.25,1.25)	(2.625,3,3,3.375)	(1, 2.03, 2.08, 3.375)
k <sub>32</sub>	x <sub>1</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(1,1.125,1.25,1.25)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875, 2.03, 2.06, 3.375)
	x <sub>2</sub>	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.625,0.75,0.875,1)	(0.875,1,1,1.125)	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.625, 2.219, 2.325, 3.75)
	x <sub>3</sub>	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.875, 1.565, 1.9, 3.375)
k <sub>33</sub>	x <sub>1</sub>	(3, 3.375,3.75,3.75)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1,1.125,1.25,1.25)	(3, 3.375,3.75,3.75)	(1, 2.25, 2.5, 3.75)
	x <sub>2</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(0.875,1,1,1.125)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875, 2.031, 2.06, 3.375)
	x <sub>3</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(0.5,0.625,0.625,0.75)	1.875,2.11,2.625,3.375	(0.5, 1.684, 1.86, 3.375)
k <sub>34</sub>	x <sub>1</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1.4, 1.875,1.875,2.11)	(1, 1.781, 1.9, 3.375)
	x <sub>2</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(0.875,1,1,1.125)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875, 2.031, 2.062, 3.375)
	x <sub>3</sub>	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(1,1.125,1.25,1.25)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875, 1.836, 1.969, 3.375)
k <sub>41</sub>	x <sub>1</sub>	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.875,1,1,1.125)	(0.875,1,1,1.125)	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.875, 2.188, 2.385, 3.75)
	x <sub>2</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(1,1.125,1.25,1.25)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875, 2.031, 2.062, 3.375)
	x <sub>3</sub>	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.625,0.75,0.875,1)	(0.875,1,1,1.125)	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.625, 2.125, 2.343, 3.75)
k <sub>42</sub>	x <sub>1</sub>	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.875, 1.586, 1.875, 3.375)
	x <sub>2</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1.4, 1.875,1.875,2.11)	(1, 1.781, 1.843, 3.375)
	x <sub>3</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(0.875,1,1,1.125)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875, 2.031, 2.062, 3.375)
k <sub>51</sub>	x <sub>1</sub>	(3, 3.375,3.75,3.75)	(0.875,1,1,1.125)	(0.875,1,1,1.125)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875, 2.093, 2.187, 3.75)
	x <sub>2</sub>	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(1,1.125,1.25,1.25)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875,1.808, 1.968, 3.375)
	x <sub>3</sub>	(3, 3.375,3.75,3.75)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1,1.125,1.25,1.25)	(3, 3.375,3.75,3.75)	(1, 2.25, 2.5, 3.75)
k <sub>52</sub>	x <sub>1</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(0.875,1,1,1.125)	(2.625,3,3,3.375)	(0.875, 2.031, 2.063, 3.375)
	x <sub>2</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(0.875,1,1,1.125)	(0.5,0.625,0.625,0.75)	(1.875,2.11,2.625,3.375)	(0.5, 1.683, 1.812, 3.375)
	x <sub>3</sub>	(2.625,3,3,3.375)	(1,1.125,1.25,1.25)	(1,1.125,1.25,1.25)	(2.625,3,3,3.375)	(1, 2.062, 2.125, 3.375)

7. Элементы матрицы агрегированных трапециевидных нечетких чисел с использованием формулы (5) умножаются на веса частных критериев и результаты нормализуются (табл. 7)

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

Таблица 7

Элементы нормализованной матрицы принятия решений

Частные критерии	Альтернативы	весовые коэффициенты частных критериев	элементы взвешенной нечеткой матрицы (x100)	элементы нормализованной матрицы принятия решений
k <sub>11</sub>	x <sub>1</sub>	0.06	(5.25, 12, 12, 20.25)	(0.259, 0.592, 0.592, 1)
	x <sub>2</sub>		(3, 10.29, 11.28, 20.25)	(0.148, 0.508, 0.557, 1)
	x <sub>3</sub>		(5.25, 12.186, 12.36, 20.25)	(0.259, 0.601, 0.61, 1)
k <sub>12</sub>	x <sub>1</sub>	0.05	(4.375, 11.08, 12.2, 18.75)	(0.233, 0.59, 0.65, 1)
	x <sub>2</sub>		(4.375, 7.93, 9.63, 16.875)	(0.233, 0.422, 0.513, 0.9)
	x <sub>3</sub>		(5.5, 8.905, 9.23, 16.875)	(0.293, 0.474, 0.492, 0.9)
k <sub>21</sub>	x <sub>1</sub>	0.04	2, 6.736, 7.448, 13.5)	(0.133, 0.449, 0.496, 0.9)
	x <sub>2</sub>		(4, 8.248, 8.5, 13.5)	(0.266, 0.549, 0.566, 0.9)
	x <sub>3</sub>		(3.5, 8.752, 9.54, 15)	(0.233, 0.583, 0.636, 1)
k <sub>22</sub>	x <sub>1</sub>	0.04	(3.5, 7.236, 7.876, 13.5)	(0.233, 0.482, 0.525, 0.9)
	x <sub>2</sub>		(4, 9, 10, 15)	(0.266, 0.6, 0.667, 1)
	x <sub>3</sub>		(3.5, 8.124, 8.248, 13.51)	(0.233, 0.541, 0.549, 0.9)
k <sub>31</sub>	x <sub>1</sub>	0.08	(4, 13.44, 14.68, 27)	(0.133, 0.448, 0.489, 0.9)
	x <sub>2</sub>		(7, 17.52, 19.04, 30)	(0.233, 0.584, 0.634, 1)
	x <sub>3</sub>		(8, 16.24, 16.64, 27)	(0.266, 0.541, 0.554, 0.9)
k <sub>32</sub>	x <sub>1</sub>	0.03	(2.625, 6.09, 6.18, 10.125)	(0.233, 0.541, 0.549, 0.9)
	x <sub>2</sub>		(1.825, 6.657, 6.975, 11.25)	(0.162, 0.591, 0.62, 1)
	x <sub>3</sub>		(2.625, 4.695, 5.7, 10.125)	(0.233, 0.417, 0.506, 0.9)
k <sub>33</sub>	x <sub>1</sub>	0.10	(10, 22.5, 25, 37.5)	(0.266, 0.6, 0.667, 1)
	x <sub>2</sub>		(8.75, 20.31, 20.6, 33.75)	(0.233, 0.541, 0.549, 0.9)
	x <sub>3</sub>		(5, 16.84, 18.6, 33.75)	(0.133, 0.449, 0.496, 0.9)
k <sub>34</sub>	x <sub>1</sub>	0.09	(9, 16.029, 17.1, 30.375)	(0.296, 0.527, 0.562, 1)
	x <sub>2</sub>		(7.875, 18.279, 18.54, 30.375)	(0.259, 0.601, 0.61, 1)
	x <sub>3</sub>		(7.875, 16.524, 17.721, 30.375)	(0.259, 0.544, 0.583, 1)
k <sub>41</sub>	x <sub>1</sub>	0.06	(5.25, 13.128, 14.31, 22.51)	(0.233, 0.583, 0.635, 1)
	x <sub>2</sub>		(5.25, 12.186, 12.372, 20.25)	(0.233, 0.541, 0.549, 0.9)
	x <sub>3</sub>		(3.75, 12.75, 14.058, 22.51)	(0.166, 0.566, 0.624, 1)
k <sub>42</sub>	x <sub>1</sub>	0.04	(3.5, 6.34, 7.5, 13.51)	(0.259, 0.469, 0.555, 1)
	x <sub>2</sub>		(4, 7.124, 7.372, 13.51)	(0.296, 0.527, 0.545, 1)
	x <sub>3</sub>		(3.5, 8.124, 8.248, 13.51)	(0.259, 0.601, 0.61, 1)
k <sub>51</sub>	x <sub>1</sub>	0.11	(9.625, 23.023, 24.057, 41.25)	(0.233, 0.558, 0.583, 1)
	x <sub>2</sub>		(9.625, 19.888, 21.648, 37.125)	(0.233, 0.482, 0.524, 0.9)
	x <sub>3</sub>		(11, 24.75, 27.5, 41.25)	(0.267, 0.6, 0.667, 1)
k <sub>52</sub>	x <sub>1</sub>	0.20	(17.5, 40.62, 41.26, 67.5)	(0.259, 0.601, 0.611, 1)
	x <sub>2</sub>		(10, 33.66, 36.24, 67.5)	(0.148, 0.498, 0.536, 1)
	x <sub>3</sub>		(20, 41.24, 42.5, 67.5)	(0.296, 0.61, 0.629, 1)

Таблица 8

Интегральная матрица ИПР и ИНР

Частные критерии	X*	X-
k <sub>11</sub>	(1,1,1,1)	(0.148, 0.148,0.148, 0.148)
k <sub>12</sub>	(1,1,1,1)	(0.233, 0.233, 0.233, 0.233)
k <sub>21</sub>	(1,1,1,1)	(0.133, 0.133, 0.133, 0.133)
k <sub>22</sub>	(1,1,1,1)	(0.233, 0.233, 0.233, 0.233)
k <sub>31</sub>	(1,1,1,1)	(0.133, 0.133, 0.133, 0.133)
k <sub>32</sub>	(1,1,1,1)	(0.162, 0.162, 0.162, 0.162)
k <sub>33</sub>	(1,1,1,1)	(0.133, 0.133, 0.133, 0.133)
k <sub>34</sub>	(1,1,1,1)	(0.259, 0.259, 0.259, 0.259)
k <sub>41</sub>	(1,1,1,1)	(0.166, 0.166, 0.166, 0.166)
k <sub>42</sub>	(1,1,1,1)	(0.259, 0.259, 0.259, 0.259)
k <sub>51</sub>	(1,1,1,1)	(0.233, 0.233, 0.233, 0.233)
k <sub>52</sub>	(1,1,1,1)	(0.148, 0.148, 0.148, 0.148)

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

Таблица 9

Расстояний альтернатив до ИПР по значению каждого частного критерия

Частные критерии	D(x <sub>1</sub> X*)	D(x <sub>2</sub> X*)	D(x <sub>3</sub> X*)
k <sub>11</sub>	0.46	0.539	0.463
k <sub>12</sub>	0.467	0.54	0.504
k <sub>21</sub>	0.573	0.483	0.472
k <sub>22</sub>	0.51	0.449	0.501
k <sub>31</sub>	0.575	0.472	0.488
k <sub>32</sub>	0.501	0.502	0.543
k <sub>33</sub>	0.449	0.501	0.573
k <sub>34</sub>	0.476	0.463	0.481
k <sub>41</sub>	0.472	0.501	0.505
k <sub>42</sub>	0.506	0.48	0.463
k <sub>51</sub>	0.491	0.522	0.448
k <sub>52</sub>	0.462	0.545	0.442

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

Таблица 10

Расстояний альтернатив до ИНР по значению каждого частного критерия

Частные критерии	D(x <sub>1</sub> X <sup>-</sup> )	D(x <sub>2</sub> X <sup>-</sup> )	D(x <sub>3</sub> X <sup>-</sup> )
k <sub>11</sub>	0.531	0.636	0.537
k <sub>12</sub>	0.417	0.372	0.481
k <sub>21</sub>	0.452	0.491	0.551
k <sub>22</sub>	0.383	0.476	0.398
k <sub>31</sub>	0.45	0.55	0.486
k <sub>32</sub>	0.458	0.523	0.427
k <sub>33</sub>	0.563	0.483	0.452
k <sub>34</sub>	0.421	0.443	0.428
k <sub>41</sub>	0.522	0.455	0.515
k <sub>42</sub>	0.412	0.419	0.443
k <sub>51</sub>	0.457	0.384	0.477
k <sub>52</sub>	0.537	0.499	0.545

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. 11).

Таблица 11

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

Альтернативы	X*	X-	X*+X-	φ <sub>к</sub> (x <sub>1</sub> )	Ранги
x <sub>1</sub>	1.7208	1.6287	3.3495	0.486	3
x <sub>2</sub>	1.7344	1.6719	3.4063	0.491	2
x <sub>3</sub>	1.6619	1.6651	3.3270	0.501	1

В соответствии с полученными результатами наилучшим (оптимальным) вариантом решения в данном случае является альтернатива x<sub>3</sub>, т. е. кандидат x<sub>3</sub>, шансы которого на трудоустройство оценены значением φ<sub>к</sub>(x<sub>3</sub>)=0.501. Согласно мнению экспертов прием кандидата на работу связан с небольшим риском, который может компенсироваться в процессе работы за счет высоких показателей по другим компетенциям. Что касается кандидатов x<sub>2</sub> (φ<sub>к</sub>(x<sub>2</sub>)=0.491) и x<sub>1</sub> (φ<sub>к</sub>(x<sub>1</sub>)=0.486), то их прием на работу связан с большим риском.

7. Проверка результатов эксперимента

Для подтверждения (или опровержения) гипотезы относительно того, что метод TOPSIS является более эффективным инструментом повышения обоснованности и объективности принятых решений экспертами проведена также балльная оценка альтернатив, наиболее близких к идеальному решению.

Для оценки альтернатив на основе балльной системы лингвистическим значениям "очень хорошо" сопоставлено 10 баллов, "хорошо" – 8 баллов, "не очень хорошо" – 6 баллов и "удовлетворительно" – 4 балла.

Результаты принятия решения на основе балльной системы оценки трех альтернатив (кандидатов на вакантную должность) приведены в табл. 12.

Таблица 12

Результаты балльной оценки альтернатив

альтернативы	очень хорошо	хорошо	не очень хорошо	удовл.	итоговая балльная оценка	принадлежность альтернатив идеальному решению
x <sub>1</sub>	17	24	5	2	400	0,833
x <sub>2</sub>	18	21	6	3	396	0,825
x <sub>3</sub>	19	22	6	1	406	0,846

На основе статистических данных, полученных при использовании балльной системы оценки альтернатив, установлена близость каждой альтернативы к идеальному решению, составляющая 480 баллов. В таком случае наилучшей является альтернатива x<sub>3</sub>,

«набравшая» 406 баллов, далее по приоритетности следует альтернатива  $x_1$  и наименее предпочтительная – альтернатива  $x_2$ .

По степени близости к идеальному решению для каждой альтернативы принимается соответствующее заключение:

– альтернатива  $x_1$  ( $\phi_k(x_1) = 0.833$ ) – кандидат полностью соответствует всем требованиям рабочего места.

– альтернатива  $x_2$  ( $\phi_k(x_2) = 0.825$ ) – кандидат полностью соответствует всем требованиям рабочего места.

– альтернатива  $x_3$  ( $\phi_k(x_3) = 0.846$ ) – кандидат полностью соответствует всем требованиям рабочего места.

Полученные выше результаты экспериментальных расчетов на базе TOPSIS для задачи отбора наилучшего кандидата сопоставлены с результатами отбора, полученными с использованием балльной системы оценки. В табл. 13 представлены результаты двух подходов к оценке и приоритизации альтернатив по степени близости к идеальному решению, что позволяет провести их сравнительный анализ.

Таблица 13

## Результаты приоритизации альтернатив

Альтернативы	Результаты, полученные на основе предложенного метода	Результаты балльной оценки альтернатив
$x_1$	прием кандидата на работу связан с большим риском	кандидат полностью соответствует всем требованиям рабочего места
$x_2$	прием кандидата на работу связан с большим риском	кандидат полностью соответствует всем требованиям рабочего места
$x_3$	прием кандидата на работу связан с небольшим риском, который может компенсироваться за счет высоких показателей по другим компетенциям	кандидат полностью соответствует всем требованиям рабочего места

Сопоставление результатов расчетов по двум методам показывает очевидное расхождение последних. Более того, кандидаты, принятие которых на работу согласно предложенному методу связано с большим риском, при балльной оценке альтернатив подпадают под категорию наиболее предпочтительных.

Таким образом, результаты апробации показывают достаточную чувствительность метода TOPSIS при отборе наилучшей альтернативы среди лучших, в то время как метод балльной оценки фактически не позволяет делать различия среди нескольких наиболее приоритетных по степени близости к идеальному альтернатив. Этим подтверждается эффективность предложенного методологического подхода в решении задач УЧР.

## 8. Выводы

Предложен методологический подход к решению задач управления человеческими ресурсами с использованием многокритериальной оптимизации на базе метода TOPSIS. Использование метода TOPSIS в задачах управления человеческими ресурсами позволяет повысить адекватность принятых решений за счет приоритизации по степени близости к идеальному решению, обеспечивает объективность и прозрачность принимаемых управленческих решений и предоставляет возможности для расширения сфер приложения методов многокритериальной оптимизации. Авторами применена модификация метода TOPSIS, заключающаяся в интегрировании в алгоритм дополнительного шага, предполагающего расчет и введение коэффициентов компетентности экспертов, участвующих в процедуре оценки альтернатив.

Преимущества предложенного подхода к многокритериальной оптимизации на базе модифицированного метода TOPSIS для поддержки принятия решений в управлении человеческими ресурсами сводятся к следующему:

– отсутствие необходимости в составлении базы нечетких правил;

– математическая обоснованность и относительная простота расчетов интегральных показателей, позволяющих осуществить ранжирование альтернативных решений, проводить дальнейший анализ и выбор окончательного варианта решения;

– отсутствие ограничений на количество альтернатив и критериев, характеризующих объект исследования;

– учет в алгоритме принятия решений компетентности экспертов, участвующих в процедуре принятия решений;

– учет иерархической структурированности критериев, описывающих альтернативы;

– возможность приоритизации альтернатив по степени их близости к идеальному решению.

В статье 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. Проведение альтернативных расчетов по принятию решений на основе балльной системы оценки и сравнительный анализ результатов двух методов показывает эффективность предложенного метода.

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 управлении человеческими ресурсами.

## Литература

1. Cole, G. A. Personnel and Human Resource Management [Text] / G. A. Cole. Wadsworth: Thomson Learning, 5 edition, 2002. – 448 p.
2. Spencer, L. M. Competence at work models for superior performance [Text] / L. M. Spencer, S. M. Spencer. Wiley India Pvt. Limited, 2008. – 384 p.

3. Базаров, Т. Ю. Управление персоналом. Практикум [Текст] / Т. Ю. Базаров. М.: Юнити-Дана, 2009. – 240 с.
4. Макарова, И. К. Управление человеческими ресурсами. Пять уроков эффективного HR-менеджмента [Текст] / И. К. Макарова. – М.: Дело. 2007. – 232 с. – Режим доступа: <http://www.alleng.ru/d/manag/man094.htm>
5. Армстронг, М. Практика управления человеческими ресурсами. 8-е издание [Текст] / М. Армстронг; пер. англ.; под ред. С. К. Мордовина. – СПб.: Питер, 2005.
6. Иванцевич, Дж. М. Человеческие ресурсы управления [Текст] / Дж. М. Иванцевич, А. А. Лобанов. М.: Аспект Пресс, 2004. – 245 с.
7. Трахтенгерц, Э. А. Возможности и реализация компьютерных систем поддержки принятия решений [Текст] / Э. А. Трахтенгерц // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2001. – № 3. – С. 86–103.
8. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений [Текст]: учебник / О. И. Ларичев; изд. второе, перераб. и доп. М.: Логос, 2002. – 392 с.
9. Микони, С. В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив [Текст] / С. В. Микони. СПб.: изд. Лань, 2009. – 272 с.
10. Орловский, С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации [Текст] / С. А. Орловский. М.: Наука, 1981. – 212 с.
11. Мамедова, М. Г. Нечеткая многокритериальная модель поддержки принятия решений в задачах управления персоналом [Текст] / М. Г. Мамедова, З. Г. Джабраилова // Проблемы информационных технологий. – 2012. – № 2. – С. 37–46. – Режим доступа: <http://jpit.az/storage/files/article/1736718f0ccce21e4cbd816d9dcb28d2.pdf>
12. Мамедова М.Г. Принятие решений на основе баз знаний с нечеткой реляционной структурой. Баку, Элм, 1997, 296 с.
13. Wang, Y. J. Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making [Text] / Y. J. Wang, H. S. Lee // Computers and Mathematics with Applications. – 2007. – Vol. 53, Issue 11. – P. 1762–1772. doi: 10.1016/j.camwa.2006.08.037
14. Robertson, T. Personnel selection [Text] / T. Robertson, M. Smith // Journal of Occupational and Organizational Psychology. – 2001. – Vol. 74, Issue 4. – P. 441–472. doi: 10.1348/096317901167479
15. Akhlagh, E. A rough-set based approach to design an expert system for personnel selection [Text] / E. Akhlagh // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2011. Vol. 54. P. 202 205. – Available at: <http://waset.org/Publications/a-rough-set-based-approach-to-design-an-expert-system-for-personnel-selection/14092>
16. Dursun, M. A fuzzy MCDM approach for personnel selection [Text] / M. Dursun, E. Karsak // Expert Systems with Applications. – 2010. Vol. 37, Issue 6. P. 4324–4330. doi: 10.1016/j.eswa.2009.11.067
17. Gungor, Z. A fuzzy AHP approach to personnel selection problem [Text] / Z. Gungor, G. Serhadhloglu, S. E. Kesen // Applied Soft Computing. – 2009. – Vol. 9. P. 641–649. doi: 10.1016/j.asoc.2008.09.003
18. Kelemenis, A. A new TOPSIS-based multi-criteria approach to personnel selections [Text] / A. Kelemenis, D. Askounis // Expert Systems with Applications. – 2010. Vol. 37, Issue 6. P. 4999–5008. doi: 10.1016/j.eswa.2009.12.013
19. Nobari, S. Design of fuzzy decision support system in employee recruitment [Text] / S. Nobari // Journal of Basic and Applied Scientific Research. – 2011. – Vol. 1, Issue 11. – P. 1891–1903.
20. Chien, C. F. Data mining to improve personnel selection and enhance human capital: A case study in high-technology industry [Text] / C. F. Chien, L. F. Chen // Expert Systems with Applications. – 2008. – Vol. 34, Issue 2. – P. 280–290. doi: 10.1016/j.eswa.2006.09.003
21. Chen, P.-C. A Fuzzy Multiple criteria decision making model in employee recruitment [Text] / P.-C. Chen // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. – 2009. Vol. 9, Issue 7. – P. 113–117.
22. Кофман, А. Введение в теории нечетких множеств [Текст] / А. Кофман. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
23. Zadeh, L. A. Fuzzy Sets [Text] / L. A. Zadeh // Information and control. – 1965. – Vol. 8, Issue 3. – P. 335 338.
24. Мамедова, М. Г. Нечеткий логический подход задач оценки кадрового потенциала [Текст] / М. Г. Мамедова, З. Г. Джабраилова // Менеджмент в России и за рубежом. – 2004. № 5. С. 111 117. – Режим доступа: <http://mevriz.ru/annotations/2004/5/>
25. Mammadova, M. Application of TOPSIS method in support of decisions made in staff management issues [Text] / M. Mammadova, Z. Jabrailova, S. Nobari // IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (PCI-2012), 2012. – P. 195–198. – Available at: <http://www.pci2012.science.az/8/11.pdf> doi: 10.1109/icpci.2012.6486485
26. Mammadova, M. H. Application of Fuzzy Optimization Method in Decision-making for Personnel Selection [Text] / M. H. Mammadova, Z. Q. Jabrayilova, F. R. Mammadzada // Intelligent Control and Automation. – 2014. – Vol. 5, Issue 4. – P. 190–204. doi: 10.4236/ica.2014.54021
27. Saaty, T. L. The decision by the US Congress on China’s trade status: A multicriteria analysis [Text] / T. L. Saaty, Y. Cho // Socio-Economic Planning Sciences. – 2001. – Vol. 35, Issue 6. – P. 243 252. doi: 10.1016/s0038-0121(01)00016-7
28. Belton, V. Multiple criteria decision analysis: An Integrated Approach [Text] / V. Belton, T. Stewart. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 2002. – 372 p. doi: 10.1007/978-1-4615-1495-4
29. Mammadova, M. G. Methods of Family Income estimation in the targeting social Assistance System [Text] / M. G. Mammadova, Z. Q. Jabrayilova // Appl.Comput.Math. – 2007. – Vol. 6, Issue 1. – P. 80–87. – Available at: <http://acmij.az/view.php?lang=az&menu=journal&id=240>
30. Mammadova, M. H. Fuzzy Decision-Making Support Methods for the Selection of IT- Professionals [Text] / M. H. Mammadova, Z. Q. Jabrayilova, F. R. Mammadzada // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). – 2014. – Vol. 3, Issue 7. – P. 169 175. – Available at: [http://ijeit.com/Vol%203/Issue%207/IJEIT1412201401\\_31.pdf](http://ijeit.com/Vol%203/Issue%207/IJEIT1412201401_31.pdf)
31. Neumann, J. V. Theory of games and economic behavior [Text] / J. V. Neumann, O. Morgenstern. – One of Princeton University presses, Notable Centenary Titles, 2007. – 776 p. doi: 10.1515/9781400829460
32. Hwang, C. L. Multiple attributes decision making methods and applications [Text] / C. L. Hwang, K. Yoon. Heidelberg, Berlin: Springer, 1981.

33. Карелин, В. П. Модели и методы представления знаний и выработки решений в интеллектуальных информационных системах с нечеткой логикой [Текст] / В. П. Карелин // Вестник ТИУЭ, Таганрог. – 2014. № 1. С. 75–82.
34. Zadeh, L. A. Fuzzy Logic Computing with Words [Text] / L. A. Zadeh // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – 1996. – Vol. 4, Issue 2. – P. 103–111.
35. Заде, Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст] / Л. А. Заде. – М.: Мир, 1976.
36. Chen, C. T. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management [Text] / C. T. Chen, C. T. Lin, S. F. Huang // International Journal of Production Economics. – 2006. – Vol. 102, Issue 2. – P. 289–301. doi: 10.1016/j.ijpe.2005.03.009
37. Chen, C. T. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment [Text] / C. T. Chen // Fuzzy Sets and Systems. – 2000. – Vol. 114, Issue 1. – P. 1–9. doi: 10.1016/S0165-0114(97)00377-1
38. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
39. Ногин, В. Д. Принятие решений при многих критериях [Текст] / В. Д. Ногин. – СПб.: 2007. – 103 с.
40. Hsu, H. M. Fuzzy credibility relation method for multiple criteria decision-making problems [Text] / H. M. Hsu, C. T. Chen // Information Sciences. – 1997. – Vol. 96, Issue 1–2. – P. 79–91. doi: 10.1016/S0020-0255(96)00153-3
41. Jabrailova, Z. G. Processing methods of information about the importance of the criteria in the solution of personnel management problems and contradiction detection [Text] / Z. G. Jabrailova, S. M. Nobari // Problems of information technology. – 2011. – Vol. 2. – P. 57–66. – Available at: <http://jpit.az/storage/files/article/8a78f78a95641546667c863d448bfa7d.pdf>

*Розглянуто загальний конструктивний недолік традиційних методик оцінки важливості приватних показників об'єктів, який викликаний недостатньою адекватністю процедури розрахунку вагових коефіцієнтів. Для оцінки важливості показників якості об'єкта запропонована модифікована процедура попарних порівнянь. При цьому у разі, якщо елементи матриці попарних порівнянь, сформованої за результатами опитування експертів, не узгоджені, то реалізується корекція цієї матриці*

*Ключові слова: метод аналізу ієрархій, метод попарних порівнянь, вагові коефіцієнти, оцінка показників*

*Рассмотрен общий конструктивный недостаток традиционных методик оценки важности частных показателей объектов, связанный с недостаточной адекватностью процедуры расчета весовых коэффициентов. Для оценки важности показателей качества объекта предложена модифицированная процедура попарных сравнений. При этом в случае, если элементы матрицы попарных сравнений, формируемой по результатам опроса экспертов, не согласованы, реализуется коррекция этой матрицы*

*Ключевые слова: метод анализа иерархий, метод попарных сравнений, весовые коэффициенты, оценка показателей*

УДК 658.012

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.40567

# ОЦЕНКА ВАЖНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ПОПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ ПРИ СКАЛЯРИЗАЦИИ ВЕКТОРНОГО КРИТЕРИЯ

Т. И. Каткова

Кандидат педагогических наук, доцент  
Кафедра математики и математических методов  
Бердянский университет менеджмента и бизнеса  
ул. Свободы, 117,  
г. Бердянск, Украина, 71100  
E-mail: 777-kit@ukr.net; 777-kit@list.ru

## 1. Введение

Традиционные технологии выбора наилучшего из совокупности объектов основаны на скаляризации векторного критерия, составленного из набора частных показателей (характеристик) объектов. Важности (веса) частных показателей оцениваются по результатам обработки опроса экспертов. При этом, эксперты, независимо оценивая относительную важность част-

ных показателей, ранжируют их, после чего сумма рангов определяет итоговую оценку важности каждого показателя. Полученные весовые коэффициенты используются далее для оценки результирующих показателей объектов при их сравнении с целью выбора наилучшего.

Следует обратить внимание на общий конструктивный недостаток подобных методик, связанный с недостаточной адекватностью процедуры расчета ве-