

УДК 004.67

UDC 004.67

05.13.10 - Управление в социальных и экономических системах (технические науки)

Management in social and economic systems

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF ALTERNATIVES IN SOLVING HUMAN RESOURCES MANAGEMENT PROBLEMS

Попова Елена Витальевна
д-р экон. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор,
РИНЦ SPIN-код= 1067-5338
elena_popov@yandex.ru

Popova Elena Vitalievna
Dr.Sci.Econ., Cand.Phys.-Math.Sci., Professor,
RSCI SPIN-code=1067-5338
elena_popov@yandex.ru

Замотайлова Дарья Александровна
канд. экон. наук, доцент, РИНЦ SPIN-код= 2326-2533
idalia@mail.ru

Zamotajlova Daria Aleksandrovna
Cand.Econ.Sci., Assistant professor,
RSCI SPIN-code=2326-2533
idalia@mail.ru

Коляда Валентина Владимировна
аспирант
РИНЦ SPIN-код= 9105-7776
tempting_doll@mail.ru

Kolyada Valentina Vladimirovna
postgraduate student,
RSCI SPIN-code=9105-7776
tempting_doll@mail.ru

Горкавой Петр Георгиевич
студент
РИНЦ SPIN-код= 3269-8836
gorkavoi.petya@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия

Gorkavoy Petr Georgievich
student
RSCI SPIN-code= 3269-8836
gorkavoi.petya@yandex.ru
Federal state budget institution of higher education "Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin", Krasnodar, Russia

Человеческие ресурсы в последнее время стали обоснованно приобретать все большую значимость. На сегодняшний день они, наряду с материальными, интеллектуально-информационными и финансовыми ресурсами, влияют на эффективность функционирования предприятий и организаций. Грамотная оценка человеческих ресурсов, четкое понимание способов взаимодействия с персоналом и развития кадрового потенциала – основа эффективной работы как кадровых отделов, так и организаций в целом. Сложность оценки человеческих ресурсов и кадрового потенциала обуславливает необходимость разработки инструментария, использование которого позволит упростить ее и обеспечить получение максимально четких рекомендаций и помощи в рамках принятия управленческих решений. Перспективным направлением реализации обозначенного инструментария может стать разработка системы поддержки принятия решений, в рамках которой помимо прочего будет иметься возможность многокритериального анализа альтернатив. В связи с тем, что методов многокритериального анализа альтернатив, предназначенных сугубо для оценки человеческих ресурсов, не имеется, необходимо провести их

Human resources have recently reasonably gained more and more importance. Today, along with material, intellectual, informational and financial resources, they affect the efficiency of enterprises and organizations. Competent assessment of human resources, a clear understanding of means of interaction with staff and developing human potential are the basis for the effective work of both human resources departments and organizations as a whole. The complexity of assessing human resources necessitates the development of a toolkit, the use of which will simplify it and ensure that one receives the most accurate advice and assistance in making management decisions. A promising direction for the implementation of the designated toolkit may be the development of a decision support system, within which, among other things, the possibility of a multi-criteria analysis of alternatives will be available. Due to the fact that there are no methods for multi-criteria analysis of alternatives intended solely for assessing human resources, it is necessary to conduct a thorough analysis, the main purpose of which is to identify the most suitable basis for further adaptation and development. After conducting preliminary studies, the TOPSIS, MAUT, AHP and ELECTRE methods were chosen as the most promising for solving the problem

тщательный анализ, основной целью которого является выявление наиболее подходящей базы для дальнейшей адаптации и развития. После проведения предварительных исследований, в качестве наиболее перспективных для решения поставленной задачи авторами были выбраны методы TOPSIS, MAUT, ANP и ELECTRE

Ключевые слова: ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, TOPSIS, ANP, MAUT, ELECTRE

Keywords: HUMAN RESOURCES, MULTI-CRITERIA ANALYSIS, MANAGEMENT DECISIONS, TOPSIS, ANP, MAUT, ELECTRE

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-153-003>

В современной экономике в самом ее центре находятся люди. Их профессиональные знания и творческие качества, их опыт и способности влияют на конкурентные преимущества той или иной организации, а также обеспечивают экономическую эффективность в рамках рыночных отношений. Все это указывает на то, что кадровые службы требуют внесения в свою работу кардинальных изменений с целью обеспечения максимально эффективной оценки кадрового потенциала. Одним из самых перспективных направлений модернизации работы кадровых служб является внедрение в их работу передовых технологий, среди которых особо можно выделить применение математических методов и моделей, а также элементов информационных технологий.

Наряду с материальными, финансовыми и прочими видами ресурсов при оценке эффективности работы организаций все более часто стал использоваться термин «человеческие ресурсы». Под управлением человеческими ресурсами понимают эффективное управление, в рамках которого знания, умения и навыки персонала преобразуются в средства организации, в ее «кадровый потенциал». Такой тип ресурсов имеет высокую ценность на рынке и позволяет организациям добиваться существенных конкурентных преимуществ.

В настоящее время персонал и грамотное управление им можно считать один из ключевых параметров успешной деятельности

предприятия. Современные ученые сходятся во мнении, что кадры следует очень тщательно подбирать, вкладывать в их развитие средства и всячески мотивировать для дальнейшего роста и развития.

Однако, говоря о человеческих ресурсах, следует помнить, что данный тип ресурсов практически не поддается объективному оцениванию, а сфера управления персоналом является неопределенной и сложно прогнозируемой. Каждый сотрудник – уникальный «объект» управления, и трудности возникают как при поиске компетентных сотрудников, так и в процессе их дальнейшей деятельности в области организации их трудового поведения и мотивации.

Продуктивность сотрудников обуславливается большим количеством разнообразных факторов. К ним можно отнести лояльность сотрудника, уровень его компетентности, психологическую и физическую устойчивость, умение работать в коллективе и т. д. Продуктивность сотрудника напрямую влияет на его вклад в общую эффективность предприятия. Его желание работать, способность решать определенные задачи, готовность осуществлять свою деятельность в определенных условиях – вот те немногие параметры, которые необходимо оценивать в процессе принятия грамотных управленческих решений в трудовом коллективе.

Основная сложность заключается в том, что работник одновременно является и объектом, и субъектом; данная ситуация порождает еще большую неопределенность и влечет за собой возникновение большого количества случайных событий в процессе управления персоналом.

Первоочередной задачей управления персоналом является его подбор, в связи с чем в данной работе будут рассмотрены подходы к оценке кандидатов при устройстве на работу.

Одним из направлений, в котором следует проводить исследования для разработки эффективного инструментария управления персоналом в

условиях неопределенности, является использование и адаптация имеющихся, а также построение новых математических моделей. С их помощью неопределенность в рамках данного процесса может быть в значительной мере нивелирована.

В современных корпоративных информационных системах довольно часто используют элементы систем поддержки принятия решений или даже полноценные системы данного класса. С их помощью можно осуществлять планирование, регулировать деятельность организации, вырабатывать и принимать эффективные управленческие решения, в том числе в задачах управления персоналом.

При решении задач по управлению персоналом, в первую очередь, необходимо использовать модели субъективного характера. Еще одним условием в данном случае является построение моделей предпочтений вместо построения моделей окружающей среды. Связано это, прежде всего, с тем, что в рамках решения задач по управлению человеческими ресурсами оптимальным является использование в качестве одного из основных инструментов систем поддержки принятия решений, в основе которых зачастую лежат модели описанных выше классов.

Определим основные этапы принятия решений:

- 1) поиск вариантов решения;
- 2) создание новых вариантов;
- 3) выбор предпочтительной альтернативы или групп альтернатив.

Большинство задач сводится к сравнению имеющихся альтернатив и выбору наиболее предпочтительной.

Принято выделять две основные группы задач принятия решений.

В том случае, если на первом этапе следует определить решающие правила, основываясь на предпочтения ЛПР, а в дальнейшем осуществить выбор лучшей альтернативы наряду с упорядочиванием всех имеющихся и

отнесением их к определенному классу решения, ее можно отнести к первой группе.

В ситуации же, когда по сформированным решающим правилам альтернативы упорядочиваются по качеству, а затем распределяются по имеющимся классам, задачу можно отнести ко второй группе.

В том случае, если в задачах первой группы имеется очень большое количество альтернатив, они становятся близки к задачам второй группы.

Разнородность большого количества данных, многокритериальность, возможность наличия многоуровневой иерархической структуры критериев, возможность того, что критерии могут быть как количественными, так и качественными, критерии зачастую невозможно однозначно определить – все это позволяет отнести многокритериальный анализ к достаточно сложному виду задач. Все эти особенности определяют необходимость решения задачи принятия решений в нечеткой среде.

Осложняет ситуацию еще и то, что эксперты, привлекаемые для оценки, в процессе принятия решений могут обладать разным уровнем компетентности. И хотя обычно привлекают экспертов с примерно одинаковым уровнем компетентности, на практике достаточно сложно реализовать такой подход.

Рассмотрим четыре подхода к построению моделей при многокритериальном анализе альтернатив [4].

TOPSIS. Данный метод основан на концепции, основной смысл которой заключается в том, что лучшая альтернатива должна иметь кратчайшее расстояние (которое является евклидовым расстоянием) от идеального решения. Использование этого метода позволяет эффективно решать задачи многокритериальной оптимизации и многокритериального анализа. Несмотря на сложность, данный метод является довольно

эффективным; в его рамках используется язык нечеткой математики, нечетких чисел, лингвистических переменных [2].

Пусть имеется матрица значений по каким-либо критериям. В данной матрице по каждому критерию необходимо вычислить вектор нормализации по формуле:

$$\overline{X_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}}, \quad (1)$$

где i – значения; j – критерии; X_{ij} – элемент матрицы.

Далее каждый элемент матрицы необходимо разделить на вектор нормализации. В результате будет получена нормализованная матрица, а каждое значение в этой матрице будет являться нормализованным значением производительности.

На следующем этапе полученные значения перемножаются на весовые коэффициенты (по каждому частному критерию оценки альтернативы). Полученная в результате выполнения этого этапа матрица называется взвешенной нормализованной матрицей решений.

На следующем этапе метода TOPSIS необходимо найти идеальное лучшее решение и худшее решение.

Необходимо также определить евклидово расстояние от худшего до лучшего решения:

$$S_j^+ = [\sum_{j=1}^m (V_{ij} + V_j^+)^2]^{0,5}. \quad (2)$$

$$S_j^- = [\sum_{j=1}^m (V_{ij} + V_j^-)^2]^{0,5}. \quad (3)$$

На последнем этапе метода вычисляется оценка производительности:

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}. \quad (4)$$

Ранжирование альтернатив по величине оценки производительности позволяет в дальнейшем выявить наиболее предпочтительную из них.

MAUT – многокритериальная теория полезности. Для решения задач в рамках данного метода необходимо наличие аксиоматического обоснования. Результаты, полученные с помощью MAUT, используются для оценки имеющихся альтернатив; метод предназначен для решения задач по поддержке принятия решений второй группы [1].

Среди основных этапов метода можно выделить непосредственно разработку перечня критериев, по которым в дальнейшем будет производиться оценка альтернатив, построение функции полезности, проведение проверки условий, определение зависимостей между полученными оценками. Финальным этапом является выбор наилучшей альтернативы путем оценки полученных весов.

Основная задача подхода – выявление аксиом, которым должна удовлетворять функция полезности; это позволяет осуществить математическое доказательство.

В методе MAUT аксиомы могут быть общего характера и специфичными.

Аксиомы общего характера это:

- 1) аксиомы, в которых устанавливаются отношения между альтернативами ($U(A) > U(B) > U(C)$);
- 2) аксиомы транзитивности;
- 3) аксиомы, в которых функция полезности непрерывна.

Специфичные аксиомы могут быть определены как аксиомы независимости. К ним относят независимость по разности, независимость по предпочтению, независимость по полезности.

Функция полезности, получаемая в рамках данного метода, представляет собой многокритериальную функцию, что является вполне

логичным результатом. Это происходит в том случае, когда все аксиомы из первой группы и некоторые из второй выполняются. Однако следует отметить, что результирующая функция будет многокритериальной только в том случае, если выполнены все аксиомы первой группы и хотя бы некоторые из второй.

Для того, чтобы проиллюстрировать такой результат выполнения метода MAUT, можно рассмотреть теорему Р. Кинни, в рамках которой считается, что при выполнении аксиомы по предпочтению и независимости по полезности, функцию полезности можно считать аддитивной (5) или мультипликативной (6):

$$U(x) = \sum_{i=1}^N w_i U_i(x) \text{ при } \sum_{i=1}^N w_i = 1, \quad (5)$$

$$1 + kU(x) = \prod_{i=1}^N [1 + kw_i U_i(x)] \text{ при } \sum_{i=1}^N w_i \neq 1, \quad (6)$$

где U, U_i – функции полезности, изменяющиеся в диапазоне от 0 до 1; w_i – коэффициент важности (веса) критериев при $0 < w_i < 1$; коэффициент $k > -1$.

Данный метод является очень трудоемким, однако если функция составлена правильно, то с ее помощью можно оценивать любые альтернативы (даже вновь появившиеся).

АНР или метод аналитической иерархии. Является одним из наиболее популярных и часто используемых методов. В основном применяется для решения задач многокритериального анализа альтернатив второй группы [5].

Основные этапы АНР:

- 1) создание многоуровневой иерархической структуры, в которой учтены альтернативы, критерии, по которым они оцениваются, и цели анализа;
- 2) попарное сравнение элементов каждого уровня;

- 3) вычисление весов для элементов каждого уровня;
- 4) выбор наилучшей альтернативы.

При попарном сравнении можно использовать словесная шкала, в которой каждому определению соответствует количественная оценка.

Если A_j – критерий, а w_j – коэффициент важности, то формула расчета элемента матрицы выглядит следующим образом:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}. \quad (7)$$

Экспертами проводится попарное сравнение критериев, в процессе которого определяется их важность. Это дает возможность определить веса критериев. Если имеется n критериев, то эксперты проводят $n(n-1)/2$ сравнений.

В процессе построения матрица следует произвести оценку ее согласованности. С этой целью определяются ее собственный вес и собственное число. Проведенные в реальных условиях сравнения позволили сделать вывод о том, что максимальное собственное число будет отличаться от соответствующего собственного числа для идеальной матрицы. В свою очередь, это позволяет сделать вывод о рассогласованности реальной матрицы и судить об уровне доверия к полученным результатам.

Чтобы произвести проверку согласованности, собственные числа матрицы сравнивают с собственными числами случайно заполненной матрицы. При практическом применении приближительное значения главного собственного вектора можно получить путем суммирования всех значений строки матрицы:

$$a_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}. \quad (8)$$

Необходимо, чтобы сумма всех α_i была равна единице. В результате выполненных действий, рассчитывается собственный вектор w .

Синтез полученных весов следует осуществлять по следующей формуле:

$$S_j = \sum_{i=1}^N w_i V_{ji}, \quad (9)$$

где S_j – показатель качества j -й альтернативы; w_i – вес i -го критерия; V_{ji} – важность j -й альтернативы по i -му критерию.

ELECTRE – отношение превосходства по качеству. Основная идея метода – «исключение и выбор, отражающие реальность», то есть отказ от использования теории полезности при попарном сравнении [3].

Применяется для решения задач, в которых заранее заданы многокритериальные альтернативы, то есть для решения задач первой группы.

Основные этапы:

- 1) рассчитываются индексы согласия и несогласия;
- 2) определяются уровни согласия и несогласия;
- 3) исключаются преобладающие альтернативы из множества альтернатив;
- 4) ввод более «слабых» уровней согласия и несогласия;
- 5) формирование последнего ядра, последовательность ядер позволяет упорядочить альтернативы по качеству.

Рассмотрим один из примеров расчета. Каждому из N критериев ставится в соответствие целое число p , характеризующее важность критерия. И выдвигается теория, что альтернатива A превосходит альтернативу B . Множество I , которое состоит из N критериев, разделяется на три подмножества: I^+ – подмножество критериев, по которым A

превосходит B ; I^- – подмножество критериев, по которым B превосходит A ; $I^=$ – подмножество критериев, по которым A и B равноценны.

На следующем этапе формулируется индекс согласия с гипотезой, в соответствии с которой A превосходит B . Отметим, что в других методах семейства ELECTRE используются индексы сильного и слабого превосходства.

Индекс согласия может быть рассчитан на основе весов критериев. В рамках метода ELECTRE1 он определяется следующим образом:

$$c_{AB} = \sum_{i \in I^+, I^-} w_i / \sum_{i=1}^N w_i. \quad (10)$$

Индекс несогласия с гипотезой, в соответствии с которой A превосходит B , определяется на основе самого «противоречивого» критерия: того критерия, по которому B в наибольшей степени превосходит A .

Для того чтобы обеспечить учет возможной разницы в длине шкал критериев, разность оценок альтернатив A и B относят к длине наибольшей шкалы:

$$d_{AB} = \max_{i \in I^-} \frac{l_B^i - l_A^i}{L_i}, \quad (11)$$

где l_A^i, l_B^i – оценки альтернатив A и B по критерию i ; L_i – длина шкалы i -го критерия.

Обозначим свойства индекса согласия:

- 1) $0 \leq c_{AB} \leq 1$;
- 2) $c_{AB} = 1$, если подмножество I^{+-} пусто;
- 3) c_{AB} сохраняет свое значение при замене одного критерия на несколько при условии равенства веса первого суммарному весу остальных.

Свойствами индекса несогласия являются:

- 1) $0 \leq d_{AB} \leq 1$;

2) d_{AB} сохраняет свое значение при введении более детальной шкалы по критерию i при сохранении ее длины.

Индексы согласия и несогласия используются для построения матриц индексов для заданных альтернатив.

Очевидно, что каждый из вышеперечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки. Однако в начале исследования перед авторами стояла четкая цель: выявить метод или методы, дальнейшая адаптация которых позволит обеспечить их эффективное использование при оценке человеческих ресурсов на предприятиях.

В рамках метода MAUT ведется работа с аксиомами различной природы. Опираясь на само значение термина «аксиома», легко сделать вывод о том, что при оценке кадрового потенциала практически невозможно выдвигать какие-либо постулаты. В связи с этим, использование многокритериальной теории полезности (MAUT) даже в адаптированном виде практически невозможно при решении задач, основной целью которых является оценка человеческих ресурсов.

Метод ELECTRE, в целом, схож с MAUT, хоть и, согласно определению, является практически полной его противоположностью (подразумевает полный отказ от использования теории полезности при сравнении альтернатив). Однако использование данного метода предполагает выдвижение гипотез, что, опять же, при решении задач по оценке кадрового потенциала становится практически неприменимым подходом.

Метод TOPSIS, несмотря на свою сложность, является наиболее подходящим для решения задач по оценке человеческих ресурсов. При использовании метода появляется возможность максимизации объективности оценки персонала. Наличие коэффициентов важности групп критериев и частных критериев дает возможность конфигурировать метод для решения конкретных практических задач (например, при оценке

кандидата на конкретную должность). Еще одним преимуществом метода является то, что в его рамках предполагается привлечение нескольких экспертов. К тому же, при оценке альтернатив в данном случае может производиться и оценка компетентности экспертов, что еще больше повышает достоверность результатов.

Метод АНР также при незначительной адаптации может вполне успешно использоваться для оценки персонала. В его рамках можно создать иерархическую многоуровневую структуру с целями, альтернативами и критериями, что в дальнейшем позволяет произвести вычисление весов для всех элементов и выбрать наилучшую из альтернатив.

Литература

1. Климовский И. А. Рекомендации для лиц, которые принимают решения в рамках теории МАУТ / И. А. Климовский // Новая наука как результат инновационного развития общества: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 47-79.
2. Коляда В. В. Управление знаниями: методы TOPSIS и энтропии / В. В. Коляда // Сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2017 год. – 2017. – С. 560-562.
3. Кузнецов М. А., Нгуен Т. У. Н. Использование методов ELECTRE в задачах принятия решения / М. А. Кузнецов, Т. У. Н. Нгуен // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2010. - № 2 (10). – С. 40-46.
4. Попова Е. В. Моделирование риск-экстремумов методами многокритериальной оптимизации / Е. В. Попова, А. М. Кумратова, Н. В. Третьякова, М. И. Попова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2015. – № 5 (65). – С. 21-30.
5. Середенко Н. Н. Развитие метода анализа иерархий (МАИ) / Н. Н. Середенко // Открытое образование. – 2011. – № 2-1. – С. 39-48.

References

1. Klimovskij I. A. Rekomendacii dlya lic, kotorye primimayut resheniya v ramkah teorii MAUT / I. A. Klimovskij // Novaya nauka kak rezul'tat innovacionnogo razvitiya obshchestva: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – 2017. – S. 47-79.
2. Kolyada V. V. Upravlenie znaniyami: metody TOPSIS i entropii / V. V. Kolyada // Sbornik statej po materialam 73-j nauchno-prakticheskoy konferencii studentov po itogam NIR za 2017 god. – 2017. – S. 560-562.
3. Kuznecov M. A., Nguen T. U. N. Ispol'zovanie metodov ELECTRE v zadachah prinyatiya resheniya / M. A. Kuznecov, T. U. N. Nguen // Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii. – 2010. - № 2 (10). – S. 40-46.

4. Popova E. V. Modelirovanie risk-ekstremumov metodami mnogokriteri-al'noj optimizacii / E. V. Popova, A. M. Kumratova, N. V. Tret'yakova, M. I. Popova // *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*. – 2015. – № 5 (65). – S. 21-30.

5. Seredenko N. N. Razvitie metoda analiza ierarhij (MAI) / N. N. Seredenko // *Otkrytoe obrazovanie*. – 2011. – № 2-1. – S. 39-48.