

# Управление в социально-экономических системах

УДК 519.81

DOI: 10.14529/ctcr200110

## ЭКСПЕРТНО-ТЕСТОВЫЙ МЕХАНИЗМ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАНДИДАТОВ ПРИ ПОДБОРЕ ПЕРСОНАЛА

Ю.В. Бондаренко<sup>1, 2</sup>, И.В. Горошко<sup>3</sup>, Е.В. Васильчикова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия,

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия,

<sup>3</sup> Университет прокуратуры Российской Федерации, г. Москва, Россия

**Введение.** В условиях интенсивного перехода к высоко производительным технологиям руководители современных компаний особое внимание уделяют вопросам формирования команды компетентных, грамотных сотрудников. В этой связи актуальной становится задача формирования автоматизированных механизмов комплексной оценки кандидатов на вакантную должность компании, позволяющих оказать реальную поддержку в принятии обоснованных кадровых решений. **Цель исследования.** Разработать механизм комплексной оценки кандидатов на вакантную должность, основанный на синтезе экспертной информации и результатов тестирования по специально подобранному для конкретной должности пакету тестов. **Материалы и методы.** Предлагаемый механизм основывается на использовании математических методов оптимизации и обработки нечеткой экспертной информации. На первом этапе механизма формируется пакет тестов, обеспечивающий покрытие требуемых качеств вакантной должности. Для его реализации предлагается двухкритериальная задача со следующими критериями: минимизация количества включенных в пакет тестов и максимизация суммы степеней соответствия пакета тестов качествам должности. Решение задачи осуществляется методом взвешенных сумм и модифицированным методом ветвей и границ. На основе решения задачи формируется пакет тестов, проведение тестирования по которым позволяет сформировать частные оценки качеств кандидатов в различных лингвистических шкалах. В целях получения количественного значения комплексной оценки экспертами формируется единая лингвистическая шкала, позволяющая перевести результаты тестирования в нечеткие числа. Для формирования комплексной оценки выбрана нечеткая модификация метода TOPSIS. **Результаты.** На основе формализованного описания задачи приводится экспертно-тестовый механизм комплексной оценки кандидатов, для каждого этапа которого описаны особенности и представлены математические методы реализации. Для внедрения механизма в практическую деятельность компаний разработан программный комплекс на языке Python. **Заключение.** Предлагаемый в работе механизм внедрен в деятельность одной из ИТ-компаний города Воронежа и получил хорошую оценку со стороны специалистов. Рассмотрен пример работы программы для должности аналитика данных.

*Ключевые слова:* подбор персонала, комплексная оценка, механизм, тест, математические методы, нечеткая информация.

### Введение

В условиях высокой конкуренции и интенсивного развития цифровой экономики в управлении современными компаниями особое внимание уделяется качеству трудовых ресурсов. Профессионализм сотрудников, грамотность, высокая производительность являются фундаментом успешного развития любого предприятия и основой его способности быстро адаптироваться к меняющимся условиям рынка. В этой связи актуальной становится задача формирования эффективных механизмов оценки кандидатов при подборе персонала, способных оказать реальную поддержку руководству компаний в принятии обоснованных кадровых решений [1–5].

Как правило, к кандидатам на вакантную должность предъявляются определенные требования, а степень соответствия ей кандидата определяется или на основе результатов тестирования,

или же на основе экспертных суждений по результатам собеседования. Считается, что использование обоснованных, проверенных на практике тестов значительно повышает объективность оценки и является экономически целесообразным [6, 7].

Среди тестов, используемых при подборе персонала, выделяются тесты достижений, предназначенные для оценки уровней обладания профессиональными знаниями, навыками и умениями, и психологические тесты (интеллектуальные, тесты способностей, социально-психологические, личностные). Тесты достижений, как показывает практика, в основном разрабатываются внутри организаций и уникальны. Психологические тесты, наоборот, подбирают из уже известных и апробированных, составленных опытными психологами. Среди них наиболее популярными являются [7]:

- тест на мышление и креативность по методу Дж. Брунера;
- методика способности к самоуправлению Н.М. Пейсахова;
- тест «Корректирующая проба» и т. п.

На сегодняшний день разработано достаточно большое количество психологических тестов, многие из которых оценивают кандидатов по пересекающемуся набору качеств или компетенций [7]. Выбор такого набора тестов, с помощью которого возможно с минимальными временными и экономическими затратами получить объективную оценку соответствия качеств кандидатов требуемой должности, является актуальной, но вместе с этим сложной задачей. Ее эффективное решение требует привлечения математических методов, а внедрение в практику управления компанией – разработки программных продуктов. Разработке экспертно-тестового механизма, позволяющего сформировать комплексную оценку кандидата на должность на основе формирования оптимального пакета тестов и последующей математической обработки результатов тестирования, и посвящена настоящая статья.

### 1. Описание подхода

Перейдем к формализованному описанию задачи. Будем предполагать, что для некоторой открытой вакансии в компании сформирован перечень  $n$  качеств, которыми должен обладать сотрудник, где  $i=1, \dots, n$  – порядковый номер качества. Множество качеств обозначим через  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$ . Среди качеств множества  $K$  могут значиться такие, как абстрактное мышление, интеллект, устойчивость и т. п.

Пусть на должность претендуют  $S$  кандидатов, где  $s=1, \dots, S$  – порядковый номер кандидата. Заметим, что среди кандидатов могут быть как уже работающие, так и новые сотрудники. Множество кандидатов обозначим через  $H = \{h_1, h_2, \dots, h_S\}$ .

Известен перечень  $m$  тестов, каждый из которых может быть использован для оценки соответствия качеств кандидата вакантной должности,  $j=1, \dots, m$  – порядковый номер теста. Множество тестов обозначим через  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ .

Каждый тест  $t_j$  может оценивать или не оценивать требуемое качество  $k_i$ . При этом полагаем, что на основе мнения специалистов организации (экспертов) может быть сформирована матрица степеней соответствия тестов качествам должности  $D = (d_{ij})$ , где  $i=1, \dots, n, j=1, \dots, m$ . Элемент матрицы  $0 \leq d_{ij} \leq 1$  показывает, в какой степени тест  $t_j$  позволяет оценить качество  $k_i$ . Так, если тест  $t_j$  не предназначен для оценки качества  $k_i$ , то  $d_{ij} = 0$ , а если предназначен, то  $d_{ij}$  представляет собой количественную оценку степени доверия экспертов результатам теста.

*Требуется* сформировать механизм комплексной оценки кандидатов на вакантную должность, основанный на обработке результатов тестирования по пакету тестов.

Данная задача обладает целым рядом особенностей, среди которых выделим следующие:

- число тестов, позволяющих оценить качества кандидатов, достаточно велико, и разные тесты могут оценивать пересекающиеся множества качеств. При этом каждый тест содержит внушительное число вопросов, ответы на которые требуют временных затрат и усилий кандидатов;
- результатом тестирования являются лингвистические оценки кандидатов, что усложняет формирование количественной интегральной оценки, на основе значений которой осуществляется последующий прием на вакантную должность.

Представленные особенности мы предлагаем учесть в предлагаемом экспертно-тестовом механизме комплексной оценки кандидатов, включающем следующие укрупненные этапы.

**Этап 1.** Формирование пакета тестов, обеспечивающего покрытие качеств вакантной должности. При этом число тестов в пакете должно быть минимальным, а сумма степеней соответствия пакета тестов качествам должности – максимальной.

**Этап 2.** Проведение тестирования по каждому из отобранных в пакет тестов, получение результатов в различных лингвистических шкалах.

**Этап 3.** Формирование обобщенной лингвистической шкалы, переход к нечетким оценкам качеств кандидатов.

**Этап 4.** Расчет комплексной оценки соответствия кандидата вакантной должности, интерпретация результатов.

Практическую реализацию первого этапа алгоритма предлагается осуществлять на основе решения *двухкритериальной задачи формирования пакета тестов*.

Для формального описания задачи введем дискретные переменные

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если тест } j \text{ включается в пакет,} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Тогда двухкритериальную задачу формирования пакета тестов можно записать следующим образом:

$$\sum_{j=1}^m x_j \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n d_{ij} \cdot x_j \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot x_j \geq 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

$$x_j \in \{0, 1\}. \quad (4)$$

Ограничение задачи (1)–(4) означает, что каждое качество должно быть покрыто (оценено) хотя бы одним тестом. При этом параметр  $a_{ij} = 1$ , если тест  $t_j$  оценивает качество  $k_i$ , и  $a_{ij} = 0$  иначе.

Решение двухкритериальной задачи (1)–(4) предлагаем искать методом взвешенных сумм [8, 9]. Для этого введем в рассмотрение параметр  $\alpha$  – коэффициент важности первого критерия задачи (1), где  $0 \leq \alpha \leq 1$ . Соответственно важность второго критерия составляет  $\beta = 1 - \alpha$ .

Тогда решение задачи (1)–(4) сводится к решению следующей однокритериальной задачи:

$$\alpha \cdot \sum_{j=1}^m x_j - (1 - \alpha) \cdot \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n d_{ij} \cdot x_j \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot x_j \geq 1, \quad i = 1, \dots, n. \quad (6)$$

Задача (5), (6) является взвешенной задачей о минимальном покрытии [10], и для ее решения предлагается алгоритм, представляющий модификацию метода ветвей и границ. Особенности реализации алгоритма заключаются в следующем.

1. Среди столбцов, не имеющих индекса, находится столбец, обладающий максимальной мощностью  $p_j$ . Мощность столбца в данном случае принимает значение

$$p_j = \sum_{i=1}^n d_{ij}.$$

Значение индекса увеличивается на единицу, а также столбцу присваивается метка. Покрываемые им строки заносятся в множество покрытых строк.

2. Находится оценка текущего решения:

$$L_1 = \alpha \cdot \sum_j x_j - (1 - \alpha) \cdot \sum_j \sum_{i=1}^n d_{ij} \cdot x_j,$$

где  $j$  – номера столбцов, имеющих метку, и столбцов, необходимых для покрытия непокрытых строк. Последние выбираются по правилу: минимальное число столбцов, не имеющих индекса, в которых количество элементов  $d_{ij} > 0$  больше или равно числу непокрытых строк.

3. Проверяется, если оценка  $L_1 \geq L_0$ , где  $L_0$  – оценка предыдущего решения, то переходят к пункту 4, иначе, если не все строки покрыты, возвращаются к пункту 1. Первоначально  $L_0 = 0$ . Если же  $L_1 < L_0$  и все строки покрыты, то формирование очередного допустимого решения закончено. В этом случае запоминают номера помеченных столбцов и оценку  $L_1$  и переходят к проверке решения на оптимальность.

4. Проверяется, имеет ли метку столбец, включенный в решение последним. Если да, то метка с него снимается, соответствующие строки считаются непокрытыми, и переходят к пункту 2. Если столбец, включенный в решение последним, не имеет метки, то с него снимается индекс.

5. Проверяется наличие столбцов с индексами. Если таких нет, то исследуемое решение оптимально, иначе – переход к пункту 4.

Результатом решения задачи (5), (6) (соответственно, этапа 1 экспертно-тестового механизма) является оптимальный пакет тестов  $T' = \{t'_1, t'_2, \dots, t'_G\} \subseteq T$ , где  $G$  – число тестов, отобранных на этапе 1,  $G \leq m$ .

Каждый претендент на вакантную должность проходит тестирование по тестам множества  $T'$ . По каждому тесту кандидат набирает определенное количество баллов, которым дается интерпретация в лингвистической шкале. Причем число градаций шкал в различных тестах, как правило, отличается. Например, в тесте Дж. Брунера уровень креативности и базового мышления разбивается на три интервала: низкий уровень (от 0 до 5 баллов); средний уровень (от 6 до 9 баллов); высокий уровень (от 10 до 15 баллов). В методике способности к самоуправлению Н.М. Пейсахова результаты делятся по пяти градациям: низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий. Естественно, что для возможности построения количественной интегральной оценки качеств кандидата результаты тестирования в различных шкалах должны быть приведены к единой шкале измерения [11, 12].

Будем полагать, что эксперты могут сопоставить результаты тестирования требованиям, предъявляемым к кандидату на должность, и представить оценку соответствия каждого личного качества  $k_i \in K$  кандидата  $h_s \in H$  в лингвистической шкале Саати с градациями: слишком слабо; слабо; немного слабо; удовлетворительно; не очень хорошо; хорошо; очень хорошо [12].

Дальнейшая обработка результатов тестирования (этап 4 механизма) предполагает преобразование лингвистических переменных в нечеткие трапецевидные числа [13], что представлено на рис. 1.

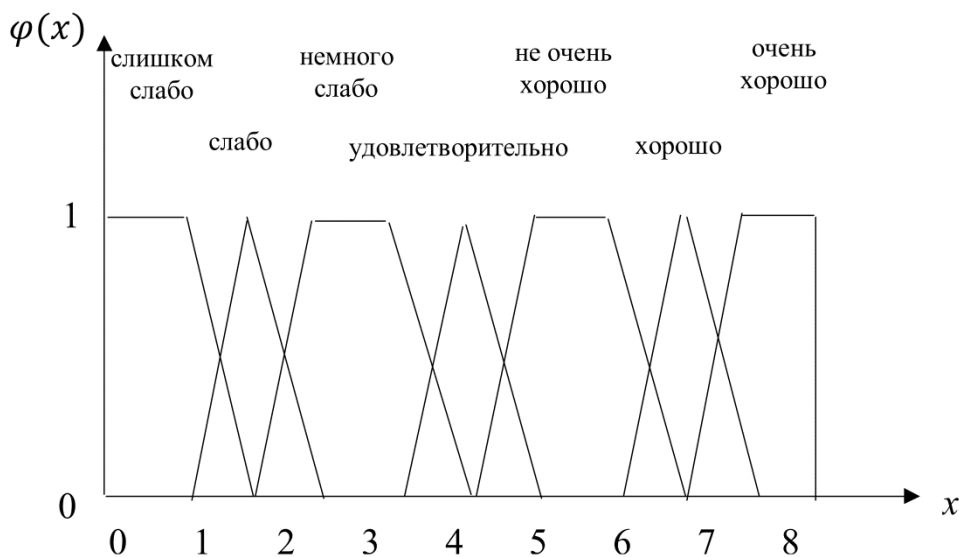


Рис. 1. Преобразование лингвистических переменных в нечёткие числа  
Fig. 1. Converting linguistic variables to indistinct numbers

Таким образом, будем считать, что каждому качеству  $k_i$  кандидата  $h_s$  по результатам теста  $t_g^i$  поставлена в соответствие оценка, выражаемая трапецевидным нечетким числом

$$R_{ig}^s = (a_{ig}^s, b_{ig}^s, c_{ig}^s, d_{ig}^s).$$

Поскольку одно и то же качество может быть оценено по различным тестам и эти оценки в самом общем случае могут различаться, то интегральную оценку  $\bar{R}_i^s$  качества  $k_i$  кандидата  $h_s$  предлагаем рассчитывать по следующей формуле:

$$\bar{R}_i^s = (\bar{a}_i^s, \bar{b}_i^s, \bar{c}_i^s, \bar{d}_i^s),$$

$$\bar{a}_i^s = \sum_{g=1}^G v_{ig} \cdot a_{ig}^s, \quad \bar{b}_i^s = \sum_{g=1}^G v_{ig} \cdot b_{ig}^s, \quad \bar{c}_i^s = \sum_{g=1}^G v_{ig} \cdot c_{ig}^s, \quad \bar{d}_i^s = \sum_{g=1}^G v_{ig} \cdot d_{ig}^s, \quad v_{ig} = d_{ig}^s / \sum_{l=1}^G d_{il}^s.$$

Формирование комплексной оценки кандидатов предлагаем осуществлять методом TOPSIS, модификация которого применительно к проблеме оценки персонала подробно описана в работе [14].

Приведем основные шаги алгоритма нечеткой модификации метода TOPSIS с учетом особенностей решаемой нами задачи.

**Шаг 1.** Формирование экспертной комиссией вектора весов важности критериев (качеств):

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n),$$

где  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ .

**Шаг 2.** Для каждого значения  $i=1, \dots, n$  рассчитывается взвешенная оценка:

$$\hat{R}_i^s = (\hat{a}_i^s, \hat{b}_i^s, \hat{c}_i^s, \hat{d}_i^s),$$

где  $\hat{a}_i^s = \bar{a}_i^s \cdot w_i$ ,  $\hat{b}_i^s = \bar{b}_i^s \cdot w_i$ ,  $\hat{c}_i^s = \bar{c}_i^s \cdot w_i$ ,  $\hat{d}_i^s = \bar{d}_i^s \cdot w_i$ .

**Шаг 3.** Нормализация взвешенных оценок на основе метода Hsu и Cehn [15, 16]:

$$\tilde{R}_i^s = (\tilde{a}_i^s, \tilde{b}_i^s, \tilde{c}_i^s, \tilde{d}_i^s),$$

где  $\tilde{a}_i^s = \hat{a}_i^s / d_i^+$ ,  $\tilde{b}_i^s = \hat{b}_i^s / d_i^+$ ,  $\tilde{c}_i^s = \hat{c}_i^s / d_i^+$ ,  $\tilde{d}_i^s = \hat{d}_i^s / d_i^+$ ,  $d_i^+ = \max_s \{\hat{d}_i^s\}$ .

**Шаг 4.** Рассчитываются:

– идеальное негативное решение  $X_i^- = \min_s \{\tilde{a}_i^s\}$ ,  $i=1, \dots, n$ ;

– идеальное позитивное решение  $X_i^+ = \max_s \{\tilde{d}_i^s\} = 1$ .

**Шаг 5.** Расчет расстояний от оценки каждого кандидата до идеального негативного решения:

$$D_s^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\rho_{is}^-)^2},$$

где  $\rho_{is}^- = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \left( (\tilde{a}_i^s - X_i^-)^2 + (\tilde{b}_i^s - X_i^-)^2 + (\tilde{c}_i^s - X_i^-)^2 + (\tilde{d}_i^s - X_i^-)^2 \right)}$ .

**Шаг 5.** Расчет расстояний от оценки каждого кандидата до идеального позитивного решения:

$$D_s^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\rho_{is}^+)^2},$$

где  $\rho_{is}^+ = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \left( (\tilde{a}_i^s - X_i^+)^2 + (\tilde{b}_i^s - X_i^+)^2 + (\tilde{c}_i^s - X_i^+)^2 + (\tilde{d}_i^s - X_i^+)^2 \right)}$ .

**Шаг 6.** Расчет комплексной оценки соответствия каждого кандидата вакантной должности:

$$\varphi(s) = \frac{D_s^-}{D_s^+ - D_s^-}, \quad s=1, \dots, S.$$

**Шаг 7.** Ранжирование кандидатов по возрастанию комплексной оценки. Выбор наилучшего кандидата, интегральная оценка которого максимальна.

## 2. Практические расчеты

Для практической реализации предлагаемого экспертно-тестового механизма разработан программный комплекс, позволяющий автоматизировать все этапы механизма. Для реализации программного комплекса использован язык Python и интегрированная среда разработки PyCharm 2.3.

Рассмотрим пример работы программы для отбора кандидата на должность аналитика данных одной из ИТ-компаний г. Воронежа.

Отбор кандидата на должность в компании осуществляется на основании оценки следующих групп качеств:

- интеллектуальные (внимательность k11, структурированное мышление k12, аналитические способности k13, интеллект k14);
- деловые (добросовестность k21, находчивость k22, ответственность k23, требовательность k24, организаторские способности k25, настойчивость k26, креативность k27);
- эмоционально-волевые (вдумчивость k31, раздражительность k32, агрессивность k33, стрессоустойчивость k34, ассертивность k35, рассудительность k36);
- коммуникативные (коммуникабельность k41, умение четко формулировать мысли k42, умение убеждать k43, дипломатичность k44);
- личностные (объективность k51, рациональность k52, систематичность k53).

Полный список тестов, позволяющих оценить качества кандидата, приведен на рис. 2.

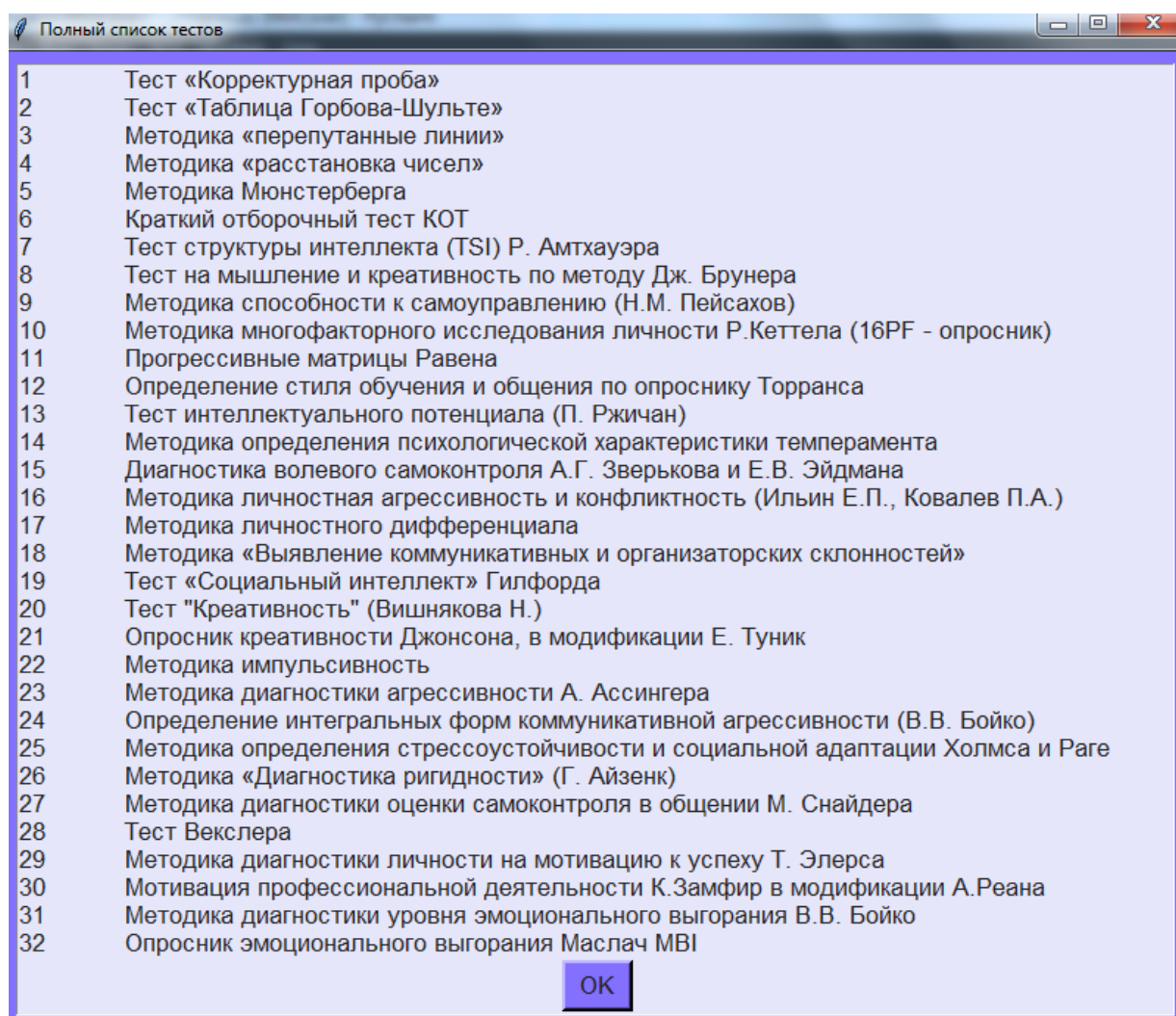


Рис. 2. Полный список тестов  
Fig. 2. Complete list of tests

## Управление в социально-экономических системах

На рис. 3 показаны результаты работы первого этапа механизма и, соответственно, программы. Проведенные расчеты показали, что из 32 тестов для тестирования кандидатов на должность аналитика данных отобрано 6, что существенно меньше исходного количества.

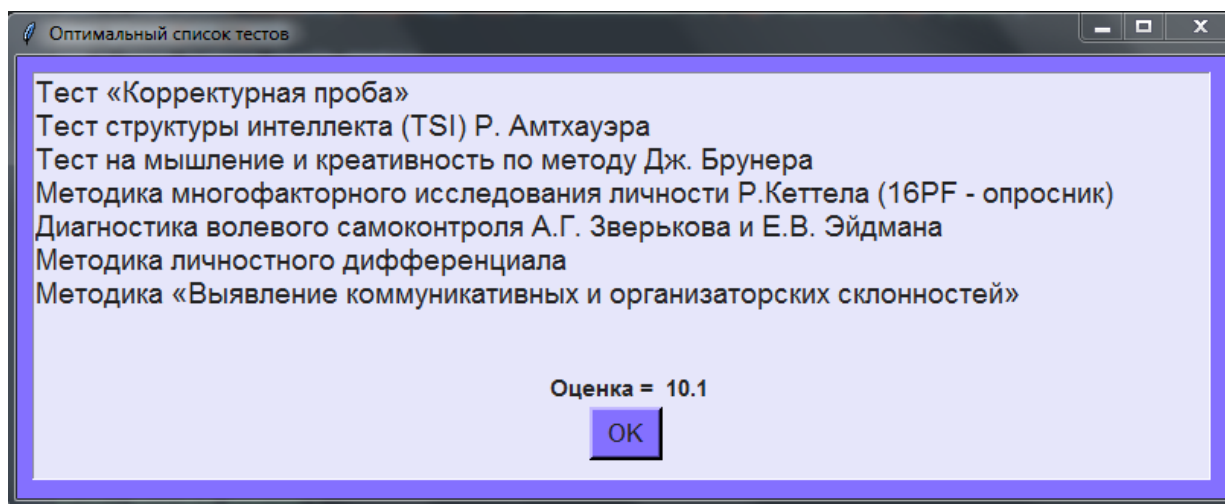


Рис. 3. Результаты выбора пакета тестов  
Fig. 3. Test Package Selection Results

На рис. 4 и 5 приведены результаты тестирования одного из кандидатов по пакету из 6 тестов в форме лингвистических значений и нечетких трапецевидных чисел.

	1	7	8	10	15	17	18
k11	не очень хорошо	хорошо	-	-	-	-	-
k12	-	не очень хорошо	немного слабо	-	-	-	-
k13	-	-	не очень хорошо	очень хорошо	-	-	-
k14	-	-	-	немного слабо	-	-	-
k21	-	-	-	очень хорошо	-	-	-
k22	-	-	-	-	хорошо	-	-
k23	-	-	-	не очень хорошо	-	хорошо	-
k24	-	-	-	-	немного слабо	хорошо	-
k25	-	-	-	-	-	-	хорошо
k26	-	-	-	хорошо	хорошо	-	-
k27	-	-	не очень хорошо	-	-	-	-
k31	-	не очень хорошо	-	-	-	-	-
k32	-	-	-	-	-	хорошо	-
k33	-	-	-	хорошо	-	-	-
k34	-	-	-	-	не очень хорошо	хорошо	-
k35	-	очень хорошо	-	-	очень хорошо	-	-
k36	-	-	-	хорошо	-	-	-
k41	-	-	-	не очень хорошо	-	не очень хорошо	немного слабо
k42	-	хорошо	не очень хорошо	-	-	-	-
k43	-	-	-	-	хорошо	-	-
k44	-	-	-	немного слабо	-	-	-
k51	-	очень хорошо	хорошо	-	-	очень хорошо	-
k52	-	немного слабо	-	-	-	-	-
k53	-	очень хорошо	немного слабо	немного слабо	-	-	-

Рис. 4. Результаты тестирования кандидатов в форме лингвистических значений  
Fig. 4. Results of testing candidates in the form of linguistic values

На финальном этапе работы программы выводятся результаты обработки нечетких результатов прохождения тестов, включённых в оптимальный набор, выбранным кандидатом (см. рис. 5). На основе полученных результатов можно сделать выводы о предпочтительности кандидата на должность.

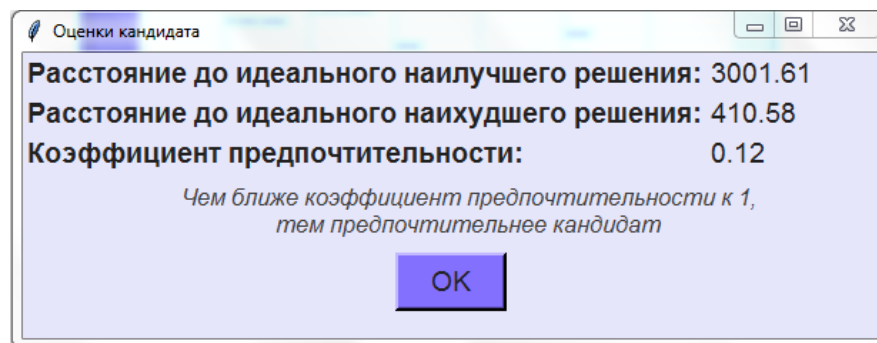


Рис. 5. Выводы о предпочтительности кандидата в числовой форме  
Fig. 5. Conclusions on candidate's preference in numerical form

Таким образом, в результате работы программы получена комплексная оценка кандидата по пакету тестов, значение которой составляет 0,12. Поскольку данное значение является достаточно близким к нулю, то можно сделать выводы о низком соответствии качеств кандидата вакантной должности аналитика данных.

### Заключение

В настоящей статье предлагается экспертно-тестовый механизм формирования комплексной количественной оценки кандидатов на вакантную должность компании. Особенностью предлагаемого подхода является использование пакета тестов, что повышает качество и эффективность оценки. Для выбора оптимального пакета тестов оценки кандидатов сформирована двухкритериальная задача, которая сводится к взвешенной задаче о ранце. Дальнейшая обработка результатов тестирования основана на теории нечетких множеств. Комплексная оценка кандидатов формируется модифицированным методом TOPSIS. Для практической реализации механизма разработан программный комплекс, позволяющий автоматизировать шаги алгоритма. Практическое применение программного продукта в деятельности ИТ-компании г. Воронежа позволило сделать выводы о практической значимости предлагаемого подхода и выявило направления его дальнейшего развития.

### Литература

1. Йеттер, В. Эффективный отбор персонала. Метод структурированного интервью / В. Йеттер. – Харьков: Изд-во «Гуманитарный центр», 2011. – 360 с.
2. Кибанов, А.Я. Управление персоналом организации: стратегия, маркетинг, интернационализация: учеб. пособие / А.Я. Кибанов, И.Б. Дуракова. – М.: Инфра-М, 2009. – 301 с.
3. Фетискин, Н.П. Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп: учеб. пособие / Н.П. Фетискин, В.В. Козлов, Г.М. Мануйлов. – М.: Изд-во Института психотерапии, 2002. – С. 360–362.
4. Бондаренко, Ю.В. Об одном подходе к построению системы стимулирования персонала предприятий и организаций / Ю.В. Бондаренко, А.И. Заволожина, И.Н. Щепина // Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы X науч.-практ. конф. – Воронеж : Изд-во Воронежского государственного университета, 2014. – С. 244–249.
5. Разработка практико-ориентированного алгоритма формирования интегральной оценки компетентности выпускников образовательных направлений / Т.В. Азарнова, Т.Н. Гоголева, А.Г. Гусева, А.С. Демидова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 4. – С. 119–131.
6. Батаршев, А.В. Тестирование. Основной инструментальный практического психолога: учеб. пособие / А.В. Батаршев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2003. – 240 с.
7. Миронова, Е.Е. Сборник психологических тестов / Е.Е. Миронова. – М.: Женский институт ЭНВИЛА, 2006. – 146 с.
8. Ногин, В.Д. Принятие решений при многих критериях / В.Д. Ногин. – СПб.: ЮТАС, 2007. – 104 с.
9. Севастьянов, П.В. Методика многокритериальной иерархической оценки качества в усло-



виях неопределенности / П.В. Севестьянов // Информационные технологии. – 2001. – № 3. – С. 10–13.

10. Чернышова, Г.Д. Дискретные и вероятностные модели: метод. пособие для вузов / Г.Д. Чернышова, И.Н. Булгакова; Воронежский государственный университет. – Воронеж: Издат. дом ВГУ, 2014. – 52 с.

11. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

12. Саати, Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

13. Карелин, В.П. Модели и методы представления знаний и выработки решений в интеллектуальных информационных системах с нечеткой логикой / В.П. Карелин // Вестник ТИУЭ. – Таганрог, 2014. – С. 75–82.

14. Джабраилова, З.Г. Моделирование процесса выбора кандидатов на вакантные должности с применением нечеткой логики / З.Г. Джабраилова, С.Р. Нобари // Искусственный интеллект: сб. статей. – Баку, 2009. – С. 254–259.

15. Hsu H.M. Fuzzy Credibility Relation Method for Multiple Criteria Decision-Making Problems / H.M. Hsu, C.T. Chen // Information Sciences. – 1997. – Vol. 96, iss. 1–2. – P. 79–91. DOI: 10.1016/S0020-0255(96)00153-3

16. Chen, C.T. A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management / C.T. Chen, C.T. Lin, S.F. Huang // International Journal of Production Economics. – 2006. – Vol. 102, iss. 2. – P. 289–301. DOI: 10.1016/j.ijpe.2005.03.009

**Бондаренко Юлия Валентиновна**, д-р техн. наук, профессор, Воронежский государственный технический университет; Воронежский государственный университет; г. Воронеж; bond.julia@mail.ru.

**Горошко Игорь Владимирович**, д-р техн. наук, канд. экон. наук, профессор, заведующий отделом, Университет прокуратуры Российской Федерации, г. Москва; garrygo@mail.ru.

**Васильчикова Екатерина Владимировна**, аспирант, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж; evasiltikova@vgasu.vrn.ru.

Поступила в редакцию 29 сентября 2019 г.

---

DOI: 10.14529/ctcr200110

## EXPERT-TEST MECHANISM FOR INTEGRATED ASSESSMENT OF CANDIDATES IN RECRUITMENT OF PERSONNEL

**Yu.V. Bondarenko**<sup>1, 2</sup>, bond.julia@mail.ru,

**I.V. Goroshko**<sup>3</sup>, garrygo@mail.ru,

**E.V. Vasilchikova**<sup>1</sup>, evasiltikova@vgasu.vrn.ru

<sup>1</sup> Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation,

<sup>2</sup> Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation,

<sup>3</sup> University of the Prosecutor of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

**Introduction.** In the context of an intensive transition to highly productive technologies, the leaders of modern companies pay special attention to the formation of a team of competent, competent employees. In this regard, the task of creating automated mechanisms for the integrated assessment of candidates for the vacant position of a company, which allows providing real support in making informed personnel decisions, becomes urgent. **Aim.** To develop a mechanism for

a comprehensive assessment of candidates for a vacant position, based on a synthesis of expert information and test results for a test suite specially selected for a particular position. **Materials and methods.** The proposed mechanism is based on the use of mathematical methods of optimization and processing of fuzzy expert information. At the first stage of the mechanism, a test package is formed that provides coverage of the required qualities of a vacant position. For its implementation, a two-criteria task is proposed with the following criteria: minimizing the number of tests included in the package and maximizing the sum of the degrees of compliance of the test package with the qualities of the position. The problem is solved by the method of weighted sums and the modified method of branches and boundaries. Based on the solution of the problem, a test package is formed, testing on which allows you to formulate private assessments of the qualities of candidates in various linguistic scales. In order to obtain the quantitative value of a comprehensive assessment, experts form a single linguistic scale that allows you to translate test results into fuzzy numbers. To form a comprehensive assessment, a fuzzy modification of the TOPSIS method was chosen. **Results.** Based on a formalized description of the problem, an expert-test mechanism for a comprehensive assessment of candidates is given, for each stage of which features are described and mathematical methods of implementation are presented. To implement the mechanism in the practical activities of companies, a software package in Python was developed. **Conclusion.** The mechanism proposed in the work was introduced into the activities of one of the IT companies of Voronezh and was well appreciated by specialists. The paper considers an example of the program for the post of data analyst.

*Keywords: personnel selection, integrated assessment, mechanism, test, mathematical methods, fuzzy information.*

### References

1. Jetter V. *Effektivnyy otbor personala. Metod strukturirovannogo interv'yu* [Effective Selection of Personnel. A Method of the Structured Interview]. Kharkiv, Humanitarian Center Publ., 2011, 360 p.
2. Kibanov A.J., Durakova I.V. *Upravlenie personalom organizatsii: Strategiya, marketing, internacionalizatsiya* [Human Resource Management of the Organization: Strategy, Marketing, Internationalization]. Moscow, Infra-M Publ., 2009, 301 p.
3. Fetiskin N.P., Kozlov V.V., Manuylov G.M. *Sotsial'no-psihologicheskaya diagnostika razvitiya lichnosti i malyykh grupp: uchebnoe posobie* [Social and Psychological Diagnostics of Personal Development and Small Groups: Tutorial]. Moscow, Publ. of Institute of Psychotherapy, 2002, 362 p.
4. Bondarenko Yu.V., Zavolozhina A.I., Shchepina I.N. [About one Approach to Creation of a System of Stimulation of Personnel of the Enterprises and the Organizations]. *Ekonomicheskoe prognozirovaniye: Modeli i metody: materialy X nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Economic Forecasting: Models and Methods: Materials of X Scientific and Practical Conference]. Voronezh, 2014, pp. 244–249. (in Russ.)
5. Azarnova T.V., Gogoleva T.N., Guseva A.G., Demidova A.S. *Razrabotka* [Development of the Practice-Focused Algorithm of Formation of Integrated Assessment of Competence of Graduates of the Educational Directions]. *Bulletin of Voronezh State University. Series: System Analysis and Information Technologies*, 2018, no. 4, pp. 119–131. (in Russ.)
6. Batarshhev A.V. *Testirovaniye. Osnovnyy instrumentariy prakticheskogo psihologa* [Testing. The Main Tools of the Practical Psychologist: Tutorial]. Moscow, Delo Publ., 2003, 240 p.
7. Mironova E.E. *Sbornik psihologicheskikh testov* [Collection of Psychological Tests]. Moscow, ENVILA Publ., 2006, 146 p.
8. Nogin V.D. *Prinyatiye resheniy pri mnogikh kriteriyakh* [Decision-Making under Many Criteria]. St. Petersburg, YUTAS Publ., 2007, 104 p.
9. Sevest'yanov P.V. *Metodika mnogokriterial'noy ierarkhicheskoy otsenki kachestva v usloviyakh neopredelennosti* [Methodology of Multicriteria Hierarchical Quality Assessment in Conditions of Uncertainty]. *Information Technologies*, 2001, no. 3, pp. 10–13. (in Russ.)
10. Chernyshova G.D., Bulgakova I.N. *Diskretnyye i veroyatnostnyye modeli* [Discrete and Probabilistic Models]. Voronezh, Publ. of VSU, 2014, 52 p.
11. Zade L. *Ponyatiye lingvisticheskoy peremennoy i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennykh resheniy* [A Concept of a Linguistic Variable and its Application to Acceptance of Approximate Solutions]. Moscow, World Publ., 1976, 165 p.
12. Saati T.L. *Prinyatiye resheniy. Metod analiza ierarkhiy* [Decision Making. Hierarchy Analysis Method]. Moscow, Radio and Communications Publ., 1993, 320 p.

13. Karelin V. P. [Models and Methods of Presentation of Knowledge and Solutions in Intelligent Information Systems with Fuzzy Logic]. *Bulletin of TIUE*, 2014, pp. 75–82. (in Russ.)
14. Dzhabrailova Z.G., Nobari S.R. [Modeling of the Process of Selection of Candidates for Vacant Positions using Fuzzy Logic]. *Artificial Intelligence: St. Articles*, 2009, pp. 254–259. (in Russ.)
15. Hsu H.M., Chen C.T. Fuzzy Credibility Relation Method for Multiple Criteria Decision-Making Problems. *Information Sciences*, 1997, no. 96, pp. 79–91. DOI: 10.1016/S0020-0255(96)00153-3
16. 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, no. 102, pp. 289–301. DOI: 10.1016/j.ijpe.2005.03.009

*Received 29 September 2019*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Бондаренко, Ю.В. Экспертно-тестовый механизм комплексной оценки кандидатов при подборе персонала / Ю.В. Бондаренко, И.В. Горошко, Е.В. Васильчикова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 100–110. DOI: 10.14529/ctcr200110

### FOR CITATION

Bondarenko Yu.V., Goroshko I.V., Vasilchikova E.V. Expert-Test Mechanism for Integrated Assessment of Candidates in Recruitment of Personnel. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 100–110. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr200110

---