



И.Ю. Денисова (к.т.н.)

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ РАБОТНИКОВ**

г. Пенза, Пензенский филиал Российского государственного  
университета инновационных технологий и предпринимательства

Квалификацией работника считается уровень его профессиональных способностей, подтвержденный и зафиксированный в установленном законом порядке. Под профессиональной компетентностью в соответствии с ГОСТ Р ИСО 10015 понимают выраженную способность работника применять свои знания и навыки. Результаты оценки квалификации и профессиональной компетентности применяют в целях совершенствования отбора и развития персонала. На практике наиболее распространенным методом отбора кадров является собеседование. Однако существует ряд проблем, снижающих его эффективность как инструмента отбора персонала. Основа этих проблем имеет эмоциональный и психологический характер. На восприятие работника интервьюером оказывают влияние стереотипы, первое впечатление и прочие факторы, ключевой причиной которых является субъективность интервьюера. В связи с этим целесообразно дополнить процедуру оценки квалификации и профессиональной компетентности автоматизированным тестированием.

Профессиональные знания представим множеством *E*

предметных элементов (ПЭ), на котором задано бинарное отношение  $S \subset E \times E$ , характеризующее структурную связь ПЭ. При разработке автоматизированной системы оценки квалификации и профессиональной компетентности базовым множеством ПЭ является строго упорядоченное дискретное конечное множество  $T = \{t\}$  областей профессиональных знаний. С каждой областью знаний  $t$  эксперт связывает подмножество тестовых заданий. Структура тестового задания определяется его типом. На основе проведенного в работе [3] анализа выделена структура универсальных типов тестовых заданий, наиболее часто используемых в тестах любой предметной области.

1) Выбор ответа. Тестовое задание данного типа представлено вопросом и конечным дискретным множеством ответов на него, связанных с вопросом.

2) Соответствие. Тестовое задание представляет собой вопрос и множество подвопросов к нему. Множество вариантов ответа дискретно, конечно, связано с подвопросами. К данному типу тестовых заданий также относятся вопросы на упорядочивание списка. В этом случае необходимость расположения каждого элемента списка в нужном месте рассматривается как подвопрос, множество возможных мест в списке представляет собой множество вариантов ответа.

3) Ввод чисел. Тестовое задание представлено вопросом и дискретным конечным множеством ответов, указываемых экспертом. Множество ответов связано с вопросом.

4) Ввод текста. Тестовое задание данного типа представлено вопросом и дискретным конечным множеством ответов на него, связанных с вопросом.

Обозначим  $Q$  – дискретное, конечное, строго упорядоченное множество вопросов. При формировании тестовых заданий типа «Соответствие» эксперт устанавливает отношение  $S_q^* \subset Q \times Q$  –

«подвопрос вопроса», такое, что  $(q_i, q_j) \in S_q^*$ ,  $i \in [1, l]$ ,  $j \in [1, l]$ ,  $i \neq j$ , если вопрос  $q_i$  входит в состав вопроса  $q_j$ . Вопросы могут иметь различный уровень сложности соответственно уровню профессиональной компетентности работника. Нечеткое множество  $\tilde{Q} \subset Q$ ,  $\tilde{Q} = \{q, \mu_{\tilde{Q}}(q)\}$  позволяет учесть степень сложности каждого вопроса.

Обозначим  $A$  – дискретное, конечное, строго упорядоченное множество ответов. Связь множество ответов связано с множеством вопросов формализует отношение  $S_a \subseteq A \times Q$  – «ответ на вопрос», устанавливаемое экспертом. В большинстве тестов ответы на вопрос оцениваются как правильные либо неправильные. Однако при оценке квалификации и профессиональной компетентности при личном собеседовании учитываются также частично правильные ответы, так как они позволяют определить пробелы в знаниях, умениях и навыках работника. Степень правильности ответа позволяет учесть нечеткое отношение  $\tilde{S}_a \subset S_a$ ,  $\tilde{S}_a = \{(a, q), \mu_{\tilde{S}_a}(a, q)\}$ .

Поскольку носители всех вышеперечисленных нечетких множеств и отношений конечны, дискретны и относительно небольшой мощности, то данные нечеткие множества и отношения задаются в форме списка.

Тестируемый работник, отвечая на вопрос, формирует подмножество  $A' \subseteq A$  выбранных ответов. Тогда подмножество  $A' \subseteq A$  и нечеткое отношение  $\tilde{S}_a$  индуцируют в  $Q$  условное нечеткое подмножество  $\tilde{Q}_A \subset Q$ , отражающее степень правильности ответа на выданные вопросы. Очевидно, что max-min-представление условного нечеткого множества не подходит, т.к. для адекватной оценки уровня знания вопроса одинаково важны оценки правильности всех выбранных ответов. Следовательно, в этом случае имеет смысл применить average-представление условного нечеткого подмножества  $\tilde{Q}_A \subset Q$ :

$$\mu_{\tilde{Q}_A}(q) = \frac{1}{K_A(q)} \cdot \sum_a \mu_{A'}(a) \cdot \mu_{S_a}(a, q),$$

где  $K_A(q)$  – average-коэффициент правильностей выбранных ответов на вопрос  $q$ . При определении коэффициента  $K_A(q)$  необходимо учесть строение тестовых заданий, в которых предусматривается  $m$  абсолютно правильных ответов. Тестируемый работник, формируя ответ на вопрос тестового задания подобного типа, может указать в качестве ответа только один вариант, который окажется одним из правильных, при этом ответ не может считаться полностью правильным. Также возможен случай выбора в качестве ответа  $m + 1$  варианта, что тоже нельзя оценить как полностью правильный ответ. Адекватно оценить степень правильности ответа позволяет введение коэффициента осреднения, учитывающего как количество вариантов ответа, указанных тестируемым работником, так и количество абсолютно правильных вариантов ответа. Таким образом, average-коэффициент  $K_A(q)$  целесообразно определить следующим образом:

$$K_A(q) = \max \left\{ \sum_{a \in A'} \mu_{S_a}(a, q), \sum_{a \in A'} \mu_{core \tilde{S}_a}(a, q) \right\}.$$

Нечеткое множество  $\tilde{Q}_A$  и отношение  $S_q^*$  индуцируют в  $\mathcal{Q}$  условное нечеткое подмножество  $\tilde{Q}_A^* \subset \mathcal{Q}$ , отражающее степень знания надвопросов тестовых заданий типа «Соответствие». Функцию принадлежности нечеткого подмножества  $\tilde{Q}_A^*$  целесообразно определить с учетом обычной практики оценивания на основе average-представления:

$$\mu_{\tilde{Q}_A^*}(q) = \frac{1}{K_Q^*(q)} \cdot \sum_{q^*} \mu_{\tilde{Q}_A}(q^*) \cdot \mu_{S_q^*}(q^*, q),$$

где  $K_Q^*(q)$  – average-коэффициент оценок уровня знания подвопросов вопроса  $q$ . Очевидно, что оценку степени знания надвопроса в равной степени определяют оценки знания каждого из подвопросов. С учетом

этого, average-коэффициент  $K_Q^*(q)$  имеет смысл определить следующим образом:

$$K_Q^*(q) = \sum_{q^*} \mu_{S_q^*}(q^*, q).$$

Таким образом, на множестве  $Q$  формируются нечеткие подмножества  $\tilde{Q}_A \subset Q$  и  $\tilde{Q}_A^* \subset Q$ , отражающие правильность ответа тестируемого работника на вопросы различных типов. Тогда оценить правильность ответа на вопрос любого типа позволяет объединение данных нечетких множеств в нечеткое множество «правильный ответ»:  $\tilde{A} = \tilde{Q}_A \cup \tilde{Q}_A^*$ ,  $\tilde{A} \subset Q$ . Функция принадлежности нечеткого множества  $\tilde{A}$  имеет вид:

$$\mu_{\tilde{A}}(q) = \max\{\mu_{\tilde{A}}(q), \mu_{\tilde{A}^*}(q)\}.$$

После окончания тестирования следует определить интегральную оценку профессиональной компетентности работника – оценить степень знания каждой из областей, по которой проводилось тестирование. Нечеткое множество  $\tilde{Q} \subset Q$  отношение  $S_q$  индуцируют условное нечеткое подмножество  $\tilde{T}_Q \subset T$ , отражающее степень профессиональных знаний и навыков. Условное нечеткое множество  $\tilde{T}_Q$  возможно определить на основе average-представления:

$$\mu_{\tilde{T}_Q}(t) = \frac{1}{K_Q(t)} \cdot \sum_q \mu_{\tilde{Q}}(q) \cdot \mu_{S_q}(q, t),$$

где  $K_Q(t)$  – average-коэффициент оценок знания тестируемым вопросов, выданных при диагностике знания темы  $t$ . Обозначим через  $Q'$  множество вопросов, выданных при тестировании ( $Q' \subseteq Q$ ), тогда average-коэффициент можно определить формулой:

$$K_Q(t) = \sum_{q \in Q'} \mu_{S_q}(q, t).$$

Согласно принципу обобщения, состав и структура профессиональных знаний формируется в результате построения нечетких подмножеств множества  $E$ , последовательно

обусловливающих друг друга:

$$A' \sim \xrightarrow[\bar{s}_a \circ \bar{s}_q^*]{av} \tilde{A}; \quad \tilde{Q} \sim \xrightarrow[\bar{s}_q \circ \bar{s}_t]{av} \tilde{T},$$

где  $\sim \xrightarrow{av}$  – обозначение операции индуцирования в average-форме. Состав и структуру персональных знаний отражает нечеткий ориентированный граф  $\tilde{G}' = (E', S', \mu_{\tilde{G}'}(e'), \mu_{\tilde{G}'}(s'))$ .

Реализация математической модели оценки квалификации и профессиональной компетентности работников в автоматизированной системе позволяет повысить качество и эффективность работы с персоналом на всех этапах: при подборе, обучении, аттестации, планировании карьеры перспективных сотрудников, выявлении кадрового резерва и даже при увольнении сотрудников.

#### **Список литературы:**

1. ГОСТ Р ИСО 10015-2007. Менеджмент организации. Руководящие указания по обучению – М.: Стандартинформ, 2008
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. – М.: Радио и связь, 1982
3. Макарычев П.П., Денисова И.Ю. Информационные обучающие системы: монография – Пенза: Изд-во Пенз. Гос. Ун-та, 2008.