

2(41)-2011 .

« - »

... ,

©

2906 03.10.1997 .

6 01.03.2011 .

08.04.2011 . 69x84 $\frac{1}{8}$. 2.
. . 36. 300 .

: 73008, . , , 24, . (0552) 51-84-41, 55-47-13.

.....	7
.....	13
.....	23
.....	27
.....	32
.....	44
.....	49
.....	55
.....	61
.....	67
.....	73
..... M.L,	78
.....	86
.....	100
.....	112
CACHÉ.....	116
.....	125
.....	130
.....	135
.....	142
.....	146
.....	150
.....	158
.....	163

.....	166
MOODLE.....	172
.....	177
.....	184
.....	189
.....	193
.....	197
.....	201
.....	208
.....	212
.....	217
.....	220
.....	226
"CS-TEST SYSTEM".....	234
.....	240
.....	245
.....	250
.....	255
..... IC.....	259
.....	265
..... 1.1.....	276
.....	284
.....	289
.....	294
8	300
.....	304
.....	310
SPT.....	318
..... (.....)	323
.....	328

УДК 681.518.5

Г.Ф. Кривуля, А.С. Шкиль, Д.Е. Кучеренко, Е.В. Гаркуша

НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА В ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКЕ ИКТ–КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

Введение. В последние два десятилетия компьютерные системы (КС) интенсивно внедряются в управление сложными техническими объектами, такими как системы управления технологическими процессами и энергетическими установками, системы наблюдения за обстановкой и обнаружения объектов, системы диспетчерского типа, управляющие транспортными средствами, распределением энергии и т.п. Независимо от сложности технических объектов управления человек остается главным звеном человеко–машинных систем (ЧМС). Именно он ставит цели перед системой, планирует, направляет и контролирует весь процесс ее функционирования. От его деятельности зависит правильность функционирования компьютерных систем, которая характеризует безошибочность (правильность) решения задач, стоящих перед пользователем КС.

Одной из основных причин нарушения работоспособности КС являются ошибки пользователя системы, которые зависят от уровня его профессиональной компетентности в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ - компетентность). Под профессиональной компетентностью принято понимать совокупность знаний, умений, навыков и их применений, которые позволяют пользователю адекватно воспринимать и обрабатывать информацию в своей предметной области, постигать сущность связей между объектами профессиональной деятельности и принимать адекватные решения в различных стандартных и нестандартных ситуациях. ИКТ-компетентность можно определить как способность специалиста эффективно использовать доступные ему аппаратные и программные компьютерные средства информационных и коммуникационных технологий. При этом пользователь выполняет определенные профессиональные функции (или нескольких функций), что непосредственно составляет один из компонентов общей квалификации специалиста и отражается в разработанных стандартах, квалификационных требованиях и т.д. [1].

Для оценки компетентности пользователя необходимо подготовить и провести диагностический эксперимент (ДЭ) с применением знаковой системы (тестов, квалификационных заданий) и технических средств (компьютеров, тренажеров). Проведение ДЭ заключается в сравнении с эталоном полученных ответов испытуемого на тестовые квалификационные задания и принятии решения о результате испытания. При таких испытаниях основной формой квалификационных заданий являются задания открытой формы с развернутым ответом.

Для сохранения единого подхода к оцениванию квалификационных заданий различных форм результат выполнения задания с развернутым ответом может оцениваться в долю балла, которая обусловлена степенью правильности выполнения этого задания. Эту долю балла можно представить как процент правильности выполнения такого задания. Трудность решения проблемы оценивания заданий открытой формы с развернутым ответом состоит в том, что степень правильности выполнения задания и градации степени выполнения может определять только эксперт (группа экспертов). Для решения данной проблемы предложено использовать математический аппарат нечеткой логики [2]. При этом следует учитывать основные недостатки экспертных систем с нечеткой логикой:

- исходный набор постулируемых нечетких правил формулируется экспертом-человеком и может оказаться неполным или противоречивым;
- вид и параметры функций принадлежности, описывающих входные и выходные переменные системы, выбираются субъективно и могут оказаться не вполне отражающими реальную действительность [3].

Постановка задачи. Таким образом, целью данной работы является разработка формальных процедур выбора параметров функций принадлежности и построения правил нечеткого вывода, что позволит более объективно оценивать квалификационные задания открытой формы с развернутым ответом. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Определить набор лингвистических переменных и обосновать выбор алгоритма нечеткого вывода.
2. Определить параметры функций принадлежности для шкалы оценивания.
3. Формализовать процедуры составления правил нечеткого логического вывода.
4. Реализовать предложенные правила и процедуры в программном пакете нечеткого вывода Fuzzy Logic Toolbox математической системы Matlab 7,5.

Система нечеткого вывода. При проведении диагностического эксперимента по анализу ИКТ–компетентностей используются квалификационные задания различных форм, некоторые из них плохо поддаются точному количественному измерению необходимо найти оптимальное решение при оценке результатов сеанса диагностирования. Очевидно, что при формировании шкалы оценивания велика доля

субъективизма, поскольку здесь многое зависит от опыта, интуиции, компетентности и профессионализма эксперта. Кроме того, требования, предъявляемые разными экспертами к уровню компетентности, колеблются в очень широких пределах.

При оценке качества выполнения квалификационных заданий эксперты, как правило, оперируют понятиями естественного языка, что также более понятно и самому испытуемому. С точки зрения испытуемого нечеткая оценка его компетентности в виде уровней «высокий», «достаточный», «низкий» и т.д. является более понятной, чем четкое количество баллов, которые он набрал в результате проведения диагностического эксперимента. Именно это и обусловило использование нечеткой логики в качестве математического аппарата при оценке результатов выполнения квалификационных заданий. Процедуры нечеткой логики позволяют более качественно описывать как характеристики квалификационных заданий, так и качественно интерпретировать результаты их выполнения.

Элементы теории нечетких множеств, правила импликации и нечетких рассуждений образуют систему нечеткого вывода. В ней можно выделить:

- множество используемых нечетких правил;
- базу данных, содержащую описания функций принадлежности;
- механизм вывода и агрегирования, который формируется применяемыми правилами импликации.

Учитывая, что в качестве входных и выходных переменных при проведении диагностического эксперимента выступают точные величины (баллы), в качестве системы нечеткого вывода будем использовать с так называемым фазификатором на входе и дефазификатором на выходе.

Фазификатор преобразует точное множество входных данных в нечеткое множество, определенное с помощью функции принадлежности, а дефазификатор решает обратную задачу – формирует однозначное решение относительно входной переменной на основании многих нечетких выводов, вырабатываемых исполнительным модулем нечеткой системы.

Используемый механизм нечетких выводов в своей основе имеет базу знаний. База правил систем нечеткого вывода предназначена для формального представления эмпирических знаний или знаний экспертов в той или иной проблемной области. В системах нечеткого вывода используются правила нечетких продукций (продукционные правила), в которых предпосылки и следствия сформулированы в терминах нечетких высказываний (1). Совокупность таких правил будем далее называть базой продукционных правил.

$$\begin{aligned}
 \Pi_1: & \text{если } x \text{ есть } A_1, \text{ тогда } y \text{ есть } B_1, \\
 \Pi_2: & \text{если } x \text{ есть } A_2, \text{ тогда } y \text{ есть } B_2, \\
 \Pi_n: & \text{если } x \text{ есть } A_n, \text{ тогда } y \text{ есть } B_n.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где x – входная переменная (имя для известных значений данных), y – переменная вывода (имя для значения данных, которое будет вычислено); A и B – функции принадлежности, определенные соответственно на x и y ; « x есть A_i » – нечеткое высказывание, называемое предпосылкой, « y есть B_i » – нечеткое высказывание, называемое следствием правила.



Рис. 1. Вывод в нечеткой системе при наличии M правил

Наиболее известны следующие модели нечеткого вывода: Мамдани, Сугено, Ларсена, Цукамото. Модель Мамдани является базовой моделью нечеткого вывода, представленной на рис. 1. Алгоритмы нечеткого вывода различаются видом используемых правил логических операций и способом дефагификации, а выбор модели определяется, как правило, характером решаемых задач.

В данной работе решается задача получение итоговой оценки компетентности пользователя на основе экспертных оценок отдельных критериев, определенных для оценивания выполнения квалификационных заданий. При этом необходимо учитывать следующее:

- оценки всех критериев находятся в одном диапазоне и не требуют масштабирования (нет необходимости применять модель Ларсена);
- все функции принадлежности однородны (нет необходимости применять модель Цукамото);
- результатом вычисления нечетких правил является простое нечеткое множество, элементы которого не вычисляются с помощью специального функционала (нет необходимости применять модель Сугено).

Таким образом, в данной работе за основу был принят алгоритм нечеткого вывода Мамдани.

В модели Мамдани математически взаимосвязь между входами $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и выходом y определяется нечеткой базой правил следующего формата:

$$\begin{array}{l}
 \text{ЕСЛИ} \quad \{x_1 = a_{1,j_1}\} \text{ И } \{x_2 = a_{2,j_1}\} \text{ И } \dots \text{ И } \{x_n = a_{n,j_1}\} \quad \text{ИЛИ} \\
 \quad \{x_1 = a_{1,j_2}\} \text{ И } \{x_2 = a_{2,j_2}\} \text{ И } \dots \text{ И } \{x_n = a_{n,j_2}\} \quad \text{ИЛИ} \\
 \quad \dots \dots \dots \quad \text{ИЛИ} \\
 \quad \{x_1 = a_{1,j_k}\} \text{ И } \{x_2 = a_{2,j_k}\} \text{ И } \dots \text{ И } \{x_n = a_{n,j_k}\} \\
 \text{ТО} \quad y = d_j, j = \overline{1, m},
 \end{array} \tag{2}$$

где $a_{1,jp}$ – лингвистический терм, которым оценивается переменная x_i в строке с номером jp ($p = \overline{1, k_j}$); k_j – количество строк-конъюнкций, в которых выход y оценивается лингвистическим термом d_j ; m – количество термов, используемых для лингвистической оценки выходной переменной [4].

С помощью операций \cup (ИЛИ) и \cap (И) нечеткую базу правил перепишем в более компактном виде:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} (\bigcap_{i=1}^n \{x_i = a_{i,ip}\}) \rightarrow y = d_j, j = \overline{1, m}. \tag{3}$$

Логический вывод, согласно алгоритму Мамдани, осуществляется за следующие четыре этапа:

1. Нечеткость (введение нечеткости, фазификация, fuzzification). Функции принадлежности, определенные на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для определения функции принадлежности предпосылок каждого правила.

$$\begin{array}{l}
 \mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x), \dots, \mu_{A_M}(x), \\
 \mu_{B_1}(y), \mu_{B_2}(y), \dots, \mu_{B_M}(y),
 \end{array} \tag{4}$$

где μ_{A_i}, μ_{B_i} ($i = \overline{1, M}$) – функции принадлежности для входной переменной x и выходной переменной y соответственно, M – число продукционных правил.

2. Логический вывод. Вычисленное значение функции принадлежности для предпосылок каждого правила применяется к заключениям каждого правила. Это приводит к одному нечеткому подмножеству, которое будет назначено каждой выходной переменной для каждого правила.

В качестве правил логического вывода используются операция \min (минимум), когда функция принадлежности вывода «отсекается» по высоте соответствующей вычисленной функцией принадлежности предпосылки правила (нечеткая логика «И»).

$$\mu_{B_i}(y) = \bigcap_{i=1}^M \mu_{A_i}(x) \tag{5}$$

где через « \cap » обозначена операция логического минимума (\min).

3. Композиция. Все нечеткие подмножества, полученные для каждой выходной переменной (во всех правилах), объединяются вместе, чтобы сформировать одно нечеткое подмножество для каждой выходной переменной. При подобном объединении используется операция \max (максимум). При

композиции максимума комбинированный вывод нечеткого подмножества конструируется как поточечный максимум по всем нечетким подмножествам (нечеткая логика «ИЛИ»)

$$\mu_{\Sigma}(y) = \bigcup_{i=1}^M \mu_{B_i}(y) \tag{6}$$

где через « \cup » обозначена операция логического максимума (max).

4. Приведение к четкости (дефазификация, defuzzification). Данная процедура используется, когда необходимо преобразовать нечеткое множество выходной переменной в четкое число. Чаще всего для модели Мамдани используют фазификацию центроидным методом, когда четкое значение выходной переменной определяется как центр тяжести для кривой $\mu_{\Sigma}(y)$, т.е.

$$y^* = \frac{\int_{\Omega} y \cdot \mu_{\Sigma}(y) dy}{\int_{\Omega} \mu_{\Sigma}(y) dy}$$

Процедура получения логического вывода иллюстрирована на рис.2.

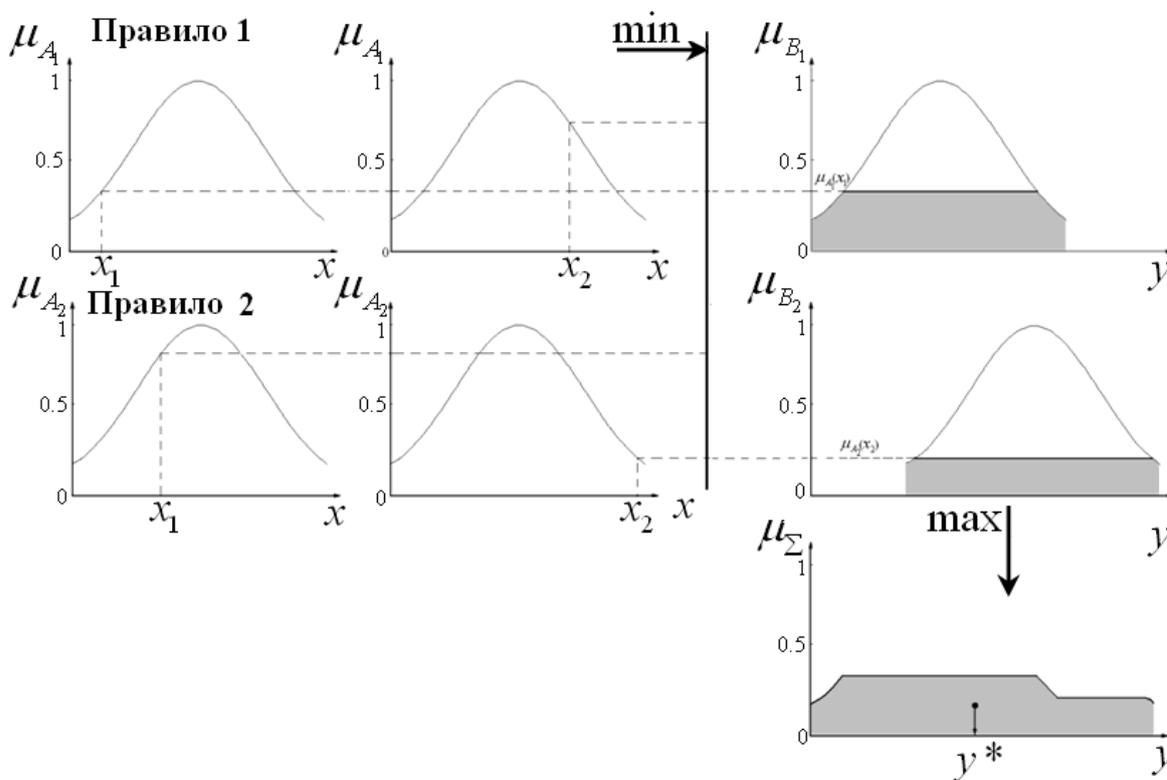


Рис. 2. Процедура логического вывода Мамдани

Предполагается, что входные переменные приняли некоторые конкретные (четкие) значения – x_1, x_2 , а число продукционных правил равно 2. В соответствии с приведенными этапами, на этапе 1 для данных значений x_1, x_2 находятся функции принадлежности $\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)$ для предпосылок каждого из 2-х правил (рис. 2). На этапе 2 происходит «отсечение» функций принадлежности следствий правил на уровне min значений функций принадлежности предпосылок. На этапе 3 рассматриваются усеченные на втором этапе функции принадлежности $\mu_B(y)$, и производится их объединение с использованием операции max, в результате чего получается комбинированное нечеткое подмножество, описываемое функцией принадлежности $\mu_{\Sigma}(y)$ и соответствующее логическому выводу для выходной переменной y . На этапе 4, применив метод центра тяжести, определим четкое значение выходной переменной y^* .

Нечеткая логика в экспертной оценке квалификационных заданий. В соответствии с принятой концепцией оценивания сеанса диагностирования оценивание заданий открытой формы с развернутым ответом также должно сводиться к определению «процента правильности ответа». Это необходимо учитывать уже на этапе формулировки заданий путем выделения соответствующих критериев оценивания и определения диапазонов оценки за указанные критерии. Веденная система критериев является основой для работы эксперта (экспертной системы) при оценивании таких заданий. Формулировка задания должна соответствовать критериям оценивания экспертов.

Информация, предоставляемая экспертами, содержит понятия естественного языка, трудно выражаемые количественными отношениями. Для перехода от словесного описания к численным показателям предлагается использовать аппарат нечеткой логики, а именно, понятием «лингвистическая переменная» в ее упрощенной форме [4], которая задается в виде:

$$\langle X, T(X), E, \{R(x, e), \forall x \in T(X)\} \rangle,$$

где X – название лингвистической переменной, $T(X)$ – множество ее значений (терм-множество), представляющих собой наименования нечетких переменных, областью определения каждой из которых является множество X , $E = \{e\}$ – универсум, т.е. весь диапазон значений переменной X , $R(x, e)$ – диапазоны значений для каждого терма.

Таким образом, для представления мнения эксперта о степени правильности выполнения задания по одному из выбранных критериев оценивания введем лингвистическую переменную <ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ>, которая содержит три терма {«низкий» (Н), «средний» (С), «высокий» (В)}.

Диапазон значений лингвистической переменной <ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ> $E = \{0 - 100\}$ баллов.

Границы диапазонов значений данных термов будут:

- «Н» – {0 – 40} баллов;
- «С» – {30 – 70} баллов;
- «В» – {60 – 100} баллов.

В качестве функции принадлежности используем стандартную симметричную гауссовскую функцию (функция `gaussmf` в пакете нечеткого вывода Fuzzy Logic Toolbox), которая задается следующей формулой:

$$\mu(x) = e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \tag{7}$$

где σ – коэффициент крутизны (стандартное отклонение), m – центр (среднее значение).

Данная функция относится к классу функций нечетких чисел (L-R)-типа и задается с помощью невозрастающих на множестве неотрицательных действительных чисел функций действительного переменного $L(x)$ и $R(x)$, удовлетворяющих свойствам симметрии относительно среднего значения.

Параметры термов для данной функции представлены в таблице 1.

Таблица 1

Термы	Диапазоны		Ширина	М	σ
Н	0	40	41	20	10,25
С	30	70	41	50	10,25
В	60	100	41	80	10,25

Графическое изображение введенных функций принадлежности в визуальном окне пакета Fuzzy Logic Toolbox математической системы Matlab 7.5 приведено на рис.3.

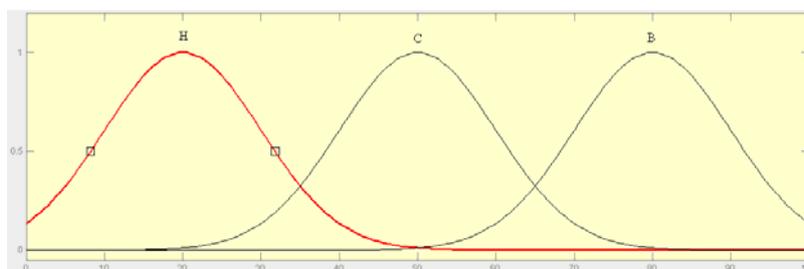


Рис. 3. Функции принадлежности лингвистической переменной <ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ>

По аналогии введем выходную лингвистическую переменную <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ> и определим для нее пятиуровневую градацию степеней правильности выполнения задания (пять термов) {«очень низкий» (ОН), «низкий» (Н), «средний» (С), «достаточный» (Д), «высокий» (В)}. Диапазон

значений лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ> $E = \{0 - 100\}$ баллов. Границы диапазонов значений данных термов могут быть фиксированы или определяться экспертами для каждого задания и испытания отдельно.

В качестве функции принадлежности будем использовать симметричную гауссовскую функцию. Рассмотрим различные варианты границ диапазонов и соответствующие параметры функций принадлежности. В таблице 2 приведены границы диапазонов термов лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ> для варианта с равномерным разделением диапазона значений переменной на 5 частей. На рис.4 приведены функции принадлежности для данного распределения границ диапазонов термов лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ>.

Таблица 2

Равномерное распределение термов по диапазону значений E

Термы	Диапазоны		Ширина	M	σ
ОН	0	25	26	12,5	6,5
Н	15	45	31	30	7,75
С	35	65	31	50	7,75
Д	55	85	31	70	7,75
В	75	100	26	87,5	6,5

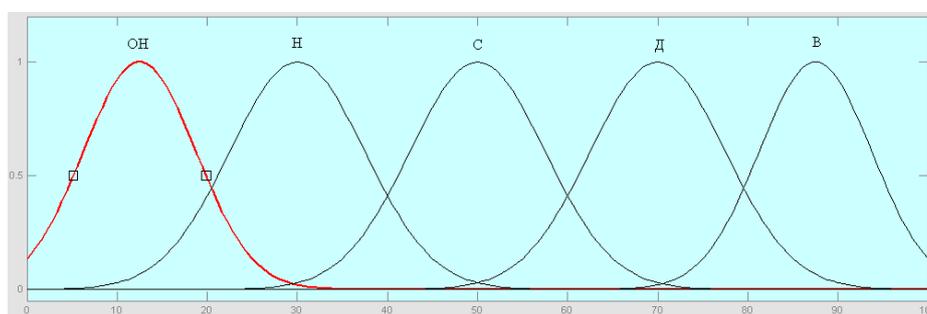


Рис. 4. Функции принадлежности для равномерного распределения границ диапазонов термов

Одним из определяющих факторов, которые влияют на шкалирование итоговой оценки, является форма распределения первичных результатов диагностирования по диапазону шкалы оценивания. При проведении педагогических измерений распределение частот проявления признака в определенном интервале (количество испытуемых, которые получили оценку в определенном интервале) принято считать симметричным распределением с явно выраженной "центральной тенденцией", которое математически описывается (аппроксимируется) кривой нормального распределения. [6]. Если принять, что для лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ> диапазон значений $E = \{0 - 100\}$ является 100-бальной шкалой оценивания, а термы – диапазонами шкалы оценивания, то границы диапазонов (термов) также подчинены «центральной тенденции» т.е. «ширина» термов не равна и сужается к центру шкалы оценивания. Предельной величиной «центральной тенденции» является квинтельная стандартизация нормального распределения (5 частей, $M = 50\%$ и $\sigma = 16,7\%$). В таблице 3 приведено два варианта границ диапазонов термов лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ>. Вариант 2 соответствует нормальному распределению с параметрами $M = 50$ и $\sigma = 25$, а вариант 3 – распределению с параметрами $M = 50$ и $\sigma = 18$. В последних трех столбцах табл.3 приведены для сравнения границы диапазонов квинтельной стандартизации нормального распределения. С точки зрения авторов предпочтительным является вариант 3.

Таблица 3

Варианты границ диапазонов термов лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ>

Термы	Вариант 2					Вариант 3					Квинтельная стандартизации		
	Диапазоны		Ширина	M	σ	Диапазоны		Ширина	M	σ	Диапазоны	Ширина	
ОН	0	30	31	15	7,75	0	35	36	17	9	0	35	36
Н	20	45	26	33	6,5	27	47	21	37	5,25	36	45	10
С	40	60	21	50	5,25	44	56	13	50	3,25	46	53	7
Д	55	80	26	67,5	6,5	53	73	21	63	5,25	54	63	10
В	70	100	31	85	7,75	65	100	36	83	9	64	100	36

На рис.5 и рис.6 показаны функции принадлежности для приведенных вариантов границ диапазонов термов лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ>.

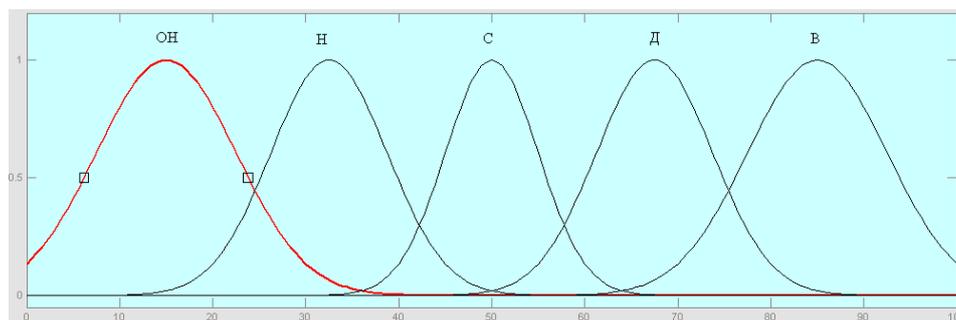


Рис. 5. Вариант 2 функции принадлежности лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ>

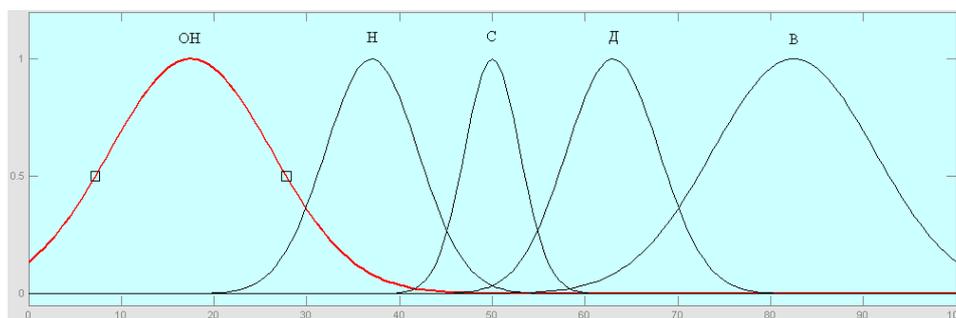


Рис. 6. Вариант 3 функции принадлежности лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ>

Модель составления правил нечеткого вывода. Предположим, что для экспертной оценки некоторого квалификационного задания определено пять критериев оценивания и, соответственно, пять входных лингвистических переменных <ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ> и одна выходная лингвистическая переменная <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ>.

Для получения такой интегральной оценки используем продукционные правила для нечетких переменных. При их составлении самая сложная задача – сделать продукционные правила полными и непротиворечивыми. Всего для заданных условий экспертной оценки задания существует 243 ($3^5 = 243$) продукционных правила.

Для формализации составления продукционных правил воспользуемся принципом назначения веса каждому терму входной лингвистической переменной <ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ>, а именно, терму Н назначим вес 1, терму С – вес 2, а терму В – вес 3. При этом следует учитывать, что вес каждого из критериев оценивания в итоговой оценке должен быть одинаков. С учетом представления продукционных правил для термов выходной переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ> в форме (3), каждая из конъюнкций имеет свой вес. Например, конъюнкция $\{B \wedge B \wedge C \wedge C \wedge H\}$ имеет вес $(3+3+2+2+1=11)$. Исходя из этого минимальный вес 5 будет у конъюнкции $\{H \wedge H \wedge H \wedge H \wedge H\}$, а максимальный вес 15 будет у конъюнкции $\{B \wedge B \wedge B \wedge B \wedge B\}$. Для каждого из пяти термов выходной переменной определим весовой диапазон в 2 балла ($\frac{15-5}{5} = 2$), а с учетом перекрытия нечетких диапазонов весовой диапазон

каждого терма можно задать 3. Таким образом, формальное условие для составления продукционных правил в форме (3) будет следующим: конъюнкция термов входной переменной определяет соответствующий терм выходной переменной, если она принадлежит весовому диапазону, определенному для данного терма. Границы весовых диапазонов определяются количеством термов входных переменных, а количество вариантов конъюнкций – количеством оцениваемых критериев.

Модель продукционных правил для каждого из пяти термов лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ> (ОЗ) можно представить в виде набора 5-разрядных векторов с учетом универсума $X=\{H, C, B\}$ для лингвистической переменной <ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ>. Координата каждого 5-разрядного вектора соответствует номеру критерия.

Весовой диапазон (5 – 7) определяет набор конъюнкций для терма ОН $\rightarrow \{HNNHX(5)\}$;

весовой диапазон (7 – 9) определяет для терма Н $\rightarrow \{HNCSSX(30), HNNBVX(20)\}$;

весовой диапазон (9 – 11) определяет для терма С $\rightarrow \{CCCCX(5), CCBVHX(60), BBVNNX(30)\}$;

весовой диапазон (11 – 13) определяет для терма $D \rightarrow \{BVBHX(30), BVCCX(20)\}$;

весовой диапазон (13 – 15) определяет для терма $B \rightarrow \{BVBVX(5)\}$.

В данной модели каждый вектор (вариант модели) содержит в себе множество конъюнкций, определяемое сочетанием экспертных оценок по разным критериям. Количество конъюнкций в каждом варианте будет $\frac{n!}{R_b!R_c!R_n!}$, где n – число переменных, R_b, R_c, R_n – число повторяющихся в каждом

терме уровней (букв) H, C и B соответственно. Например, для вектора HHHHX число переменных $n = 5$, число повторяющихся букв $R_H = 4, R_C = 0, R_B = 0$, таким образом, число различных конъюнкций будет $\frac{5!}{4!0!0!} = 5$. Количество конъюнкций указывается в скобках рядом с вариантом модели, Всего в

продукционных правилах для данного набора критериев будет 205 конъюнкций.

Предложенная модель продукционных правил может быть представлена в форме (2) с что делает запись указанных правил более наглядной и пригодной для использования в пакете нечеткого вывода Fuzzy Logic Toolbox. Так, например, для терма $OH \rightarrow \{HHHHX\}$ продукционные правила будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}
 & \{OK_1 = H\} \text{ И } \{OK_2 = H\} \text{ И } \{OK_3 = H\} \text{ И } \{OK_4 = H\} \text{ ИЛИ} \\
 & \{OK_1 = H\} \text{ И } \{OK_2 = H\} \text{ И } \{OK_3 = H\} \text{ И } \{OK_5 = H\} \text{ ИЛИ} \\
 \text{ЕСЛИ} & \{OK_1 = H\} \text{ И } \{OK_2 = H\} \text{ И } \{OK_4 = H\} \text{ И } \{OK_5 = H\} \text{ ИЛИ} \\
 & \{OK_1 = H\} \text{ И } \{OK_3 = H\} \text{ И } \{OK_4 = H\} \text{ И } \{OK_5 = H\} \text{ ИЛИ} \\
 & \{OK_2 = H\} \text{ И } \{OK_3 = H\} \text{ И } \{OK_4 = H\} \text{ И } \{OK_5 = H\} \\
 \text{ТО} & \quad OZ = OH,
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

где OK_1, \dots, OK_5 – оценки экспертов по пяти критериям соответственно (значений лингвистической переменной <ОЦЕНКА КРИТЕРИЯ>); OZ – значение лингвистической переменной <ОЦЕНКА ЗАДАНИЯ>.

Пример выполнения и оценивания квалификационного задания.

Для примера выберем квалификационное задание из категории «Сетевые и телекоммуникационные технологии» раздела «локальные сети» для темы «беспроводные локальные сети» [2].

Формулировка задания следующая.

«Выбрать и настроить точку доступа для Wi-Fi-сети, ориентированной на максимальную зону обслуживания. Характеристики сети: площадь помещения – 30 кв.м., число рабочих мест – 10, скорость для каждого клиента приблизительно 2 Мбит/с.»

Допустим, что эксперт выделил для оценки задания пять критериев:

– основание выбора точки доступа с точки зрения соотношения «цена/функциональность» (OK__1).

– возможность масштабирования сети (OK__2).

– корректность настройки внутренних параметров сети (OK__3).

– корректность настройки безопасности сети (OK__4).

– работоспособность сети с заданными параметрами (OK__5).

Испытуемый дал следующий ответ.

«При выборе конкретной модели беспроводного устройства в первую очередь стоит обратить внимание не на производителя, а на функциональные возможности устройства. Функциональность определяется поддержкой соответствующего стека протоколов, мощностью передатчика и удобством настройки. Для небольшого по площади офиса (30 кв.м.) вполне хватает передатчика с мощностью 14–15 dBm. Проанализировав входные данные к заданию, в качестве точки доступа выбрали D-Link Wireless Access Point (802.11g) (DWL-2100AP). Данная точка доступа входит в серию высокоскоростных беспроводных устройств AirPlus XtremeG, поддерживающих скорость обмена данными до 108 Мбит/с (только при использовании специальных адаптеров и ПО с поддержкой соответствующего режима). Кроме того, ТД обладает богатым набором функций для защиты сети. Конфигурирование точки доступа осуществляется через веб-интерфейс или через утилиту настройки, возможно также детальное конфигурирование по протоколу Telnet. Устройство может работать в пяти режимах: точка доступа, беспроводной мост "точка-точка" с другой точкой доступа, беспроводной мост "точка - много точек", беспроводной клиент, беспроводной повторитель. DWL-2100AP имеет встроенный DHCP-сервер, который автоматически назначает IP-адреса беспроводным клиентам.

Такие параметры, как мощность передатчика (от 14 до 15 дБм для 54 и 108 Мбит/с), радиус действия (до 100 м в помещении), порты подключения (один 10-100Base-T (RJ-45) для LAN), безопасность (шифрование данных WEP 64-128152-битовое, аутентификация 802.1x, WPA), а также цена (85 у.е.) полностью соответствует требованиям, сформулированным в задании.

Для настройки параметров сети необходимо запустить браузер и набрать в адресной строке 192.168.0.50. В появившемся окне регистрации пользователей вводим «admin», а поле пароля оставляем пустым. Появится окно «НОМЕ», нажав в котором кнопку «Run wizard» мы сможем установить новый пароль на доступ к устройству. Далее оставляем неизменными параметры SSID=dlink, Channel=6. В окне настройки шифрования необходимо активировать WEP шифрование, выбрав длину ключа 128 бит и задав значение ключа. В завершении всех установок необходимо перезагрузить точку доступа.

Для настройки сети необходимо каждому из 10 компьютеров прописать в настройках сетевого подключения IP-адрес в диапазоне от 192.168.0.0 до 192.168.9 и маску подсети 255.255.255.0.

Учитывая зону покрытия данной модели (100м), место расположения её в помещении роли не играет. Также стоит учитывать, что 10 подключенных пользователей к DWL-2100AP получают примерно по 5,4 Мбит/с (54/10=5,4). Реальная скорость передачи данных составит примерно 2-3 Мбит/с. Теоретически ограничений на количество подключений нет, но на практике стоит ограничиться 10-15 пользователями.»

За данный ответ испытуемый получил следующие экспертные оценки по каждому из критериев: ОК_1 = 75 баллов, ОК_2 = 55 баллов, ОК_3 = 30 баллов, ОК_4 = 45 баллов, ОК_5 = 90 баллов.

Для анализа результатов диагностирования использовалась математическая система Matlab 7.5, а именно, специальный пакет нечеткого вывода Fuzzy Logic Toolbox. В качестве процедуры нечеткого вывода была использована модель Мамдани, а в качестве функций принадлежности для входных лингвистических переменных (ОК_1, ОК_2, ОК_3, ОК_4, ОК_5) была выбрана гауссова кривая с параметрами из таблицы 1, а для выходной лингвистической переменной (ОЗ) – гауссова кривая с параметрами из таблицы 3 (вариант №3). База нечетких (продукционных) правил содержит 205 правил, построенных на основании предложенной весов термов входной переменной модели. В качестве метода дефазификации использовали метод «центра тяжести».

В результате моделирования получим следующие результаты: ОЗ = 57 баллов, что отвечает достаточному уровню (Д) оценки выполнения квалификационного задания. На рис. 7 приведено окно визуализации нечеткого логического вывода для данного примера в системе Matlab 7.5.

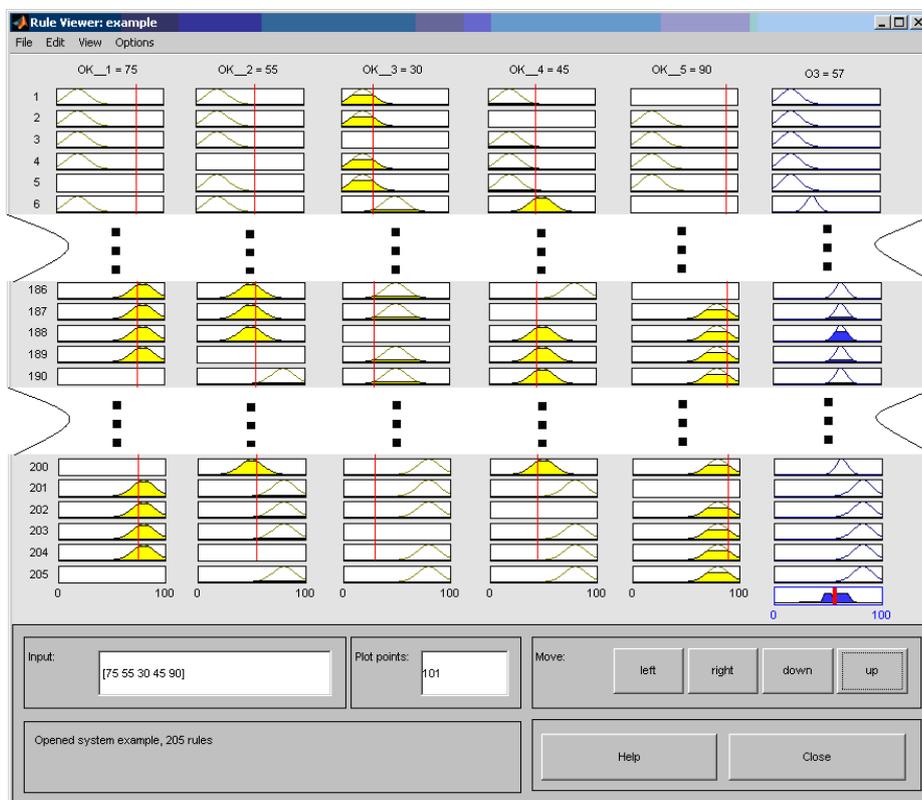


Рис. 7. Визуализация нечеткого логического вывода

Выводы. В статье предложен подход к оценке ИКТ-компетентностей пользователей КС с использованием квалификационных заданий открытой формы с развернутым ответом. Оценивание квалификационных заданий выполняется на основании экспертных оценок результатов их выполнения с использованием правил и процедур нечеткой логики. Разработаны формальные процедуры составления продукционных правил нечеткого вывода и шкалирования итоговой оценки. Моделирование разработанных процедур в математической системе Matlab 7.5 показало их работоспособность и эффективность. В дальнейшем предложенные процедуры нечеткого вывода по алгоритму Мандани могут быть реализованы в виде отдельного программного модуля с включением его в систему компьютерного тестирования OpenTEST2.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Моисеева М.В., Степанов В.К., Патаракин Е.Д., Ишков А.Д., Тупицин Д.Н. Развитие профессиональной компетентности в области ИКТ. Базовый учебный курс / М.В. Моисеева, В.К. Степанов, Е.Д. Патаракин, А.Д. Ишков и др. – М.: Изд. Дом «Обучение–Сервис», 2008, – 256 с.
2. Кривуля Г.Ф., Шкиль А.С., Кучеренко Д.Е., Гаркуша Е.В. Диагностика компетентности пользователей компьютерных систем // АСУ и приборы автоматики. – 2010. – Вып. 150. – С. 125–133.
3. Круглов В.В., Дли М.И., Голубов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети.– М.: Физматлит, 2001.– 221 с.
4. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. – Винница: Издательство винницкого государственного технического университета, 2001. – 198 с.
5. Каргин А.А. Введение в интеллектуальные машины. Книга 1. Интеллектуальные регуляторы / А.А.Каргин. – Донецк:Норд-Пресс, ДонНУ, 2010. – 526 с.
6. Кривуля Г.Ф., Шкиль А.С., Напрасник С.В., Гаркуша Е.В. Представление результатов тестирования в компьютерной системе тестирования знаний OpenTEST2 // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. - №2– С.25–30.

КРИВУЛЯ Геннадий Федорович – д.т.н., профессор кафедры АПВТ ХНУРЭ.

Научные интересы: автоматизация проектирования и диагностика цифровых устройств.

ШКИЛЬ Александр Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры АПВТ ХНУРЭ.

Научные интересы: дистанционное образование, педагогические измерения, диагностика цифровых систем.

КУЧЕРЕНКО Дария Ефимовна – аспирантка кафедры АПВТ ХНУРЭ.

Научные интересы: диагностика компьютерных неисправностей, компьютерные системы на основе нечеткой логики.

ГАРКУША Елена Владимировна – аспирантка кафедры АПВТ ХНУРЭ.

Научные интересы: педагогические измерения, анализ компетентностей пользователей КС.