



НАЗАРОВ Дмитрий Михайлович

Кандидат экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой бизнес-информатики

Уральский государственный экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45
Контактный телефон: (343) 221-27-56
e-mail: slup2005@mail.ru

Технология декомпозиции на основе нечеткого классификатора

Ключевые слова: лингвистическая переменная; нечеткие множества; корпоративная культура труда; информационные порталы.

Статья посвящена проблеме выделения уровней сложных научных понятий, которые рассматриваются как лингвистические переменные. В качестве базовой модели оценки предложены нечеткие технологии. Приведены примеры декомпозиции на уровне оценки качества информационного портала и корпоративной культуры труда в соответствии с методикой лингвистического распознавания.

Формализация многих научных понятий и терминов, используемых в различных исследованиях, затруднена:

во-первых, множеством трактовок или, как говорят, *лингвистической неопределенностью* рассматриваемого понятия на *естественном языке*;

во-вторых, наличием множества неопределенностей, связанных с неучитываемыми или слабоучитываемыми факторами;

в-третьих, сущностными категориями, которыми оперируют различные отрасли науки.

Математический аппарат, обеспечивающий адекватное описание и формализацию такого рода неопределенностей, предоставляет теория нечетких множеств, позволяющая задавать параметры и показатели модели с помощью *лингвистических переменных*. Принципиальное отличие лингвистической переменной от переменной числовой состоит в том, что ее значениями являются не числа, а слова или предложения в естественном или формальном языке. Лингвистическая переменная дает возможность приближенно описывать явления, которые настолько сложны, что не поддаются количественному описанию.

Лингвистической переменной называют набор:

$$(\chi, T(\chi), U, G, M),$$

где χ – название переменной; $T(\chi)$ – терм-множество, т. е. множество имен значений переменной χ , причем каждому из этих имен соответствует нечеткое подмножество X , заданное на универсальном множестве U ; G – синтаксическое правило, порождающее имена X значений переменной χ ; M – семантическое правило, которое ставит в соответствие каждому элементу терм-множества нечеткое подмножество X универсального множества U .

Термы можно рассматривать как имена нечетких множеств, заданных на универсальном множестве U и имеющих определенную функцию принадлежности. Если X – элемент терм-множества лингвистической переменной χ , то это есть название нечеткого множества $X = \sum_U \mu_X(u) / u$ или $X = \int_U \mu_X(u) / u$.

Строго говоря, элементы терм-множества являются именами нечетких подмножеств X_1, X_2, \dots множества U . Но во многих случаях имена множеств и сами множества отождествляются. При таком отождествлении терм-множество T можно представить в виде объединения всех значений лингвистической переменной χ :

$$T = X_1 \cup X_2 \cup \dots = \sum_i X_i.$$

Синтаксическое и семантическое правила, связанные с лингвистической переменной, можно рассматривать как алгоритмические процедуры для порождения элементов множества $T(\chi)$ и вычисления значений функций принадлежности нечетких подмножеств множества U с именами из $T(\chi)$ [1].

В большинстве случаев значение терм-множества лингвистических переменных может быть описано либо на трех уровнях: «низкий», «средний», «высокий»; либо на пяти: «очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий». Назовем декомпозицию на такие терм-множества трехуровневым или пятиуровневым классификатором [2]. Для получения некоторых эталонных значений лингвистической переменной воспользуемся функцией желательности Харрингтона, которая возникла в результате наблюдений за реальными решениями экспериментаторами многокритериальных задач [1]. На основе этой функции была построена шкала желательности (табл. 1).

Таблица 1

Стандартные значения функции желательности

Степень желательности	Отметки на шкале желательности
Очень хорошо	1,00–0,80
Хорошо	0,80–0,63
Удовлетворительно	0,63–0,37
Плохо	0,37–0,20
Очень плохо	0,20–0,00

Заметим, что говоря о принадлежности объекта к тому или иному классу, эксперт не уверен в том, что он классифицирует объект правильно «на все 100». Эту неуверенность шкала Харрингтона отразить не может, поэтому модернизируем ее и превратим в нечеткий трехуровневый или пятиуровневый классификатор. Общеупотребительными в этом случае являются трапециевидные функции принадлежности, которые позволяют отразить неуверенность эксперта и заложить в саму классификацию определенный риск. Причем верхнее основание трапеции соответствует полной уверенности эксперта в правильности своей классификации, а нижнее – уверенности в том, что никакие другие значения интервала (0;1) не попадают в выбранное нечеткое подмножество [2].

Поясним вышесказанное. Введем лингвистическую переменную g . Универсальным множеством для переменной g является отрезок $[0,1]$. Множеством значений переменной g является терм-множество

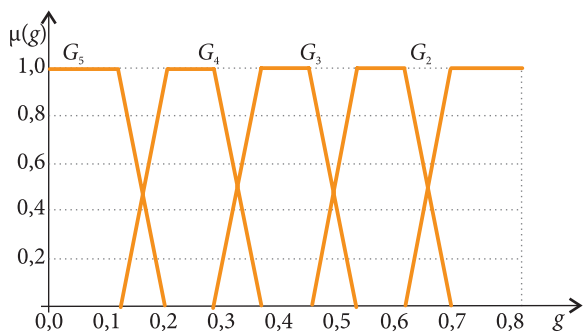
$$G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\},$$

где G_1 – «очень высокий уровень»; G_2 – «высокий уровень»; G_3 – «средний уровень»; G_4 – «низкий уровень»; G_5 – «очень низкий уровень».

Каждый терм из множества G является именем нечеткого подмножества на отрезке $[0,1]$. Будем рассматривать эти нечеткие подмножества как трапециевидные нечеткие числа (см. рисунок).

Составим таблицу функций принадлежности каждого терма (табл. 2), используя формулу функции принадлежности трапезоидного нечеткого числа $x = (a_1, a_2, a_3, a_4)$:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < a_1; \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{если } a_1 \leq x < a_2; \\ 1, & \text{если } a_2 \leq x \leq a_3; \\ \frac{x - a_4}{a_3 - a_4}, & \text{если } a_3 < x \leq a_4; \\ 0, & \text{если } x > a_4. \end{cases}$$



Функции принадлежности подмножеств терм-множества G

Таблица 2

Функции принадлежности подмножеств терм-множества G (для пятиуровневого классификатора)

Терм G_k	Функция принадлежности нечеткого множества G_k
G_5 – «очень низкий уровень» $G_5 \in [0, 0,2]$	$\mu_5 = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq g \leq 0,15 \\ 20 \cdot (0,2 - g), & \text{если } 0,15 < g \leq 0,2 \end{cases}$
G_4 – «низкий уровень» $G_4 \in (0,15, 0,37]$	$\mu_4 = \begin{cases} -20 \cdot (0,15 - g), & \text{если } 0,15 < x \leq 0,2 \\ 1, & \text{если } 0,2 < x \leq 0,3 \\ \frac{100}{7} \cdot (0,37 - g), & \text{если } 0,3 < x \leq 0,37 \end{cases}$
G_3 – «средний уровень» $G_3 \in (0,3, 0,63]$	$\mu_3 = \begin{cases} -\frac{100}{7} \cdot (0,3 - g), & \text{если } 0,3 < x \leq 0,37 \\ 1, & \text{если } 0,37 < x \leq 0,6 \\ \frac{100}{3} \cdot (0,63 - g), & \text{если } 0,6 < x \leq 0,63 \end{cases}$
G_2 – «высокий уровень» $G_2 \in (0,6, 0,8]$	$\mu_2 = \begin{cases} -\frac{100}{3} \cdot (0,6 - g), & \text{если } 0,6 < x \leq 0,63 \\ 1, & \text{если } 0,63 < x \leq 0,75 \\ 20 \cdot (0,8 - g), & \text{если } 0,75 < x \leq 0,8 \end{cases}$
G_1 – «очень высокий уровень» $G_1 \in [0,75, 1]$	$\mu_1 = \begin{cases} -20 \cdot (0,75 - g), & \text{если } 0,75 \leq g < 0,8 \\ 1, & \text{если } 0,8 \leq g \leq 1 \end{cases}$

Примечание. В формулах функций табл. 2 отброшены интервалы, на которых функция принадлежности принимает нулевое значение.

Значение функции принадлежности будем рассматривать как меру истинности термина G_i . Например, если было установлено, что $g = 0,62$, то отличную от нуля функцию принадлежности имеют два термина: G_3 – «средний уровень» и G_2 – «высокий уровень». При

$$\text{этом } \mu_3(0,62) = \frac{100}{3} \cdot (0,63 - g) \Big|_{g=0,62} = \frac{1}{3} \approx 0,33 \text{ и } \mu_2(0,62) = -\frac{100}{3} \cdot (0,6 - g) \Big|_{g=0,62} = \frac{2}{3} \approx 0,66,$$

т. е. для $g = 0,62$ высказывание «высокий уровень» показателя является «более истинным», чем высказывание «средний уровень показателя».

Таким образом, нами получен пятиуровневый классификатор, позволяющий оценить значимость того или иного параметра исследуемого объекта и придать ему в зависимости от полученного числового значения тот или иной уровень. Это особенно полезно в экономических моделях, где в качестве оценочных выражений используют слова естественного языка: низкий, средний, высокий и т. д.

Продемонстрируем методику декомпозиции уровней на примере двух понятий: оценка качества информационного портала (ИП) и уровень корпоративной культуры труда (ККТ). Воспользуемся интегральной оценкой этих объектов, предложенных в литературе [3; 4], и проследим оценку их динамики во времени.

Согласно исследованию, проведенному в работе [4] для оценки качества ИП, экспертами по методу Дельфи была выделена 51 характеристика; характеристики объединили в 4 группы: содержание ИП, дизайн ИП, техническая реализация ИП, эксплуатационные характеристики ИП.

На основании проведенного исследования нами были составлены 4 анкеты и проведено анкетирование 10 экспертов относительно следующих информационных порталов: www.iks.su; www.sitv.ru; www.gelpriboy.ru.

Агрегация полученных результатов в виде аддитивной свертки в период с 2011 по 2012 г. дала следующие результаты (табл. 3).

Таблица 3

Интегрированный показатель оценки качества ИП

Web-адрес ИП	2011	2012
www.iks.su	0,53	0,59
www.sitv.ru	0,61	0,67
www.gelpriboy.ru	0,77	0,81

Анализ данных табл. 3 свидетельствует, что динамика показателей качества исследуемых порталов практически аналогична: их абсолютный рост составляет от 0,04 до 0,06. Однако согласно предложенному нами пятиуровневому классификатору оценки качества результаты различаются, и существенно. Действительно, для первого портала справедлива оценка «средний уровень качества» как в 2011, так и в 2012 г.; для второго портала, как показывают расчеты, в 2011 г. справедливо заключение «высокий уровень качества» со степенью значимости 0,8, а в 2012 – «высокий уровень качества» со стопроцентной гарантией; для третьего портала ситуация аналогична.

При оценке уровней корпоративной культуры был использован трехуровневый классификатор, поскольку при выделении уровней была использована идея декомпозиции по Арджирису [1]. В результате был получен следующий классификатор (табл. 4).

В качестве объектов исследования нами были взяты 3 малых предприятия лесоперерабатывающего комплекса с численностью работников до 20 чел. На основе анализа существующих методик [3] оценки корпоративной культуры нами были выделены 43 показателя, адаптированных к специфике исследуемых объектов, которые были агрегированы в 3 группы в соответствии с концептуальной моделью ККТ как лингвистической переменной, представленной ниже в виде теоретико-множественной формулы:

$$\text{ККТ} \Leftrightarrow T_1(A_1(t)) \cup T_2(A_2(t)) \cup T_3(A_3(t)),$$

где ККТ – лингвистическая переменная, характеризующая понятие «корпоративная культура труда»; $T_1(A_1(t))$ – терм-множество, характеризующее систему управления предприятием или организацией, их бизнес-процессы; $T_2(A_2(t))$ – терм-множество, характеризующее систему требований к производимой продукции в зависимости от внешних и внутренних системных факторов и рыночных механизмов; $T_3(A_3(t))$ – терм-множество, характеризующее специфику того объекта, корпоративную культуру которого мы изучаем.

Таблица 4

Функции принадлежности подмножеств терм-множества G (для трехуровневого классификатора)

Терм G_k	Функция принадлежности нечеткого множества G_k
G_1 – «низкий уровень» $G_1 \in (0, 0,37]$	$\mu_1 = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq g \leq 0,2 \\ \frac{100}{17} \cdot (0,37 - g), & \text{если } 0,2 < g \leq 0,37 \end{cases}$
G_2 – «средний уровень» $G_2 \in (0,3, 0,63]$	$\mu_2 = \begin{cases} -\frac{100}{7} \cdot (0,3 - g), & \text{если } 0,3 < x \leq 0,37 \\ 1, & \text{если } 0,37 < x \leq 0,6 \\ \frac{100}{3} \cdot (0,63 - g), & \text{если } 0,6 < x \leq 0,63 \end{cases}$
G_3 – «высокий уровень» $G_3 \in (0,6, 1]$	$\mu_3 = \begin{cases} -4 \cdot (0,6 - g), & \text{если } 0,6 \leq g < 0,85 \\ 1, & \text{если } 0,85 \leq g \leq 1 \end{cases}$

Примечание. В формулах функций табл. 4 отброшены интервалы, на которых функция принадлежности принимает нулевое значение.

Итак, понятие ККТ в каждый момент времени t определяется следующими переменными:

- $A_1(t)$ – характеристика системы управления бизнес-процессами;
- $A_2(t)$ – уровень требований к выпускаемой продукции;
- $A_3(t)$ – показатель, учитывающий специфику объекта.

На основании проведенного исследования нами были составлены 3 анкеты и проведено анкетирование 38 экспертов – руководителей и работников предприятий, профессорско-преподавательского состава кафедры теории и практики управления УрФУ (г. Екатеринбург) относительно исследуемых малых предприятий. Агрегация полученных результатов в виде аддитивной свертки в период с 2011 по 2012 г. дала следующие результаты (табл. 5).

Таблица 5

Интегрированный показатель оценки уровня ККТ

Малое предприятие	2011	2012
ИП Иванов (п. Горноуральский)	0,31	0,53
ООО «Интерлес» (г. Нижний Тагил)	0,34	0,35
ИП Бикеев (г. Нижний Тагил)	0,32	0,34

Из данных табл. 5 легко увидеть, что, несмотря на некоторое повышение уровня корпоративной культуры труда, на двух предприятиях (ООО «Интерлес» и ИП Бикеев) уровень корпоративной культуры практически не изменился и балансирует между двумя отметками: низким и средним уровнями. В то же время ИП Иванов, благодаря

проведенному в 2011 г. научному эксперименту, показал в 2012 г. устойчивое среднее положение.

Таким образом, предложенная методика классификации обладает более высокой чувствительностью к числовым оценкам; позволяет учесть риски неправильной экспертной оценки и более детально проанализировать полученный результат.

Источники

1. Назаров Д. М. Совершенствование организационно-экономического механизма подготовки персонала промышленных предприятий в условиях рынка : дис. ... канд. экон. наук. Екатеринбург, 2004.
2. Коньшева Л. К., Назаров Д. М. Основы теории нечетких множеств : учеб. пособие. СПб. : Питер, 2011.
3. Камерон К., Куинн Р. Диагностика и изменение организационной культуры : пер. с англ. СПб. : Питер, 2001.
4. Яшина Т. С. Оценка качества образовательных веб-сайтов как фактор развития единого информационного образовательного пространства : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Елец, 2005.