

## МОДЕЛЬ АСЛ-ШКАЛЫ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

**Т.В. Афанасьева**

*ГОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет», г. Ульяновск*

*Рецензент Г.М. Куликов*

**Ключевые слова и фразы:** лингвистические оценки; модель; нечеткие множества; операции; отношения; принятие решений управления.

**Аннотация:** Рассматриваются особенности лингвистических оценок и предлагается модель АСЛ-шкалы для генерации лингвистических оценок в программных системах принятия решений и управления. Предлагаемая АСЛ-шкала формализована на основе аппарата нечетких множеств и применима для генерации абсолютных и сравнительных лингвистических оценок, для нее определены как «оценочные», так и «вычислительные операции».

Лингвистические оценки (ЛО) являются средством качественного оценивания и сравнения характеристик объектов, используемым лицами (проектировщиками, менеджерами), принимающими решения (ЛПР), экспертами. Важным свойством лингвистических оценок является широкое применение на практике в принятии решений для выражения знаний о степени соответствия наблюдаемого объекта или его характеристик некоторому объективному или субъективному критерию. Указанное свойство определяет класс абсолютных ЛО, отражающий статический аспект оценивания. Примерами таких оценок могут служить выражения «Удовлетворительно», «Хорошо», «Плохо» и т.д. Семантика абсолютных лингвистических оценок зависит от контекста среды, в которой они используются, и моделируется нечеткими множествами.

Другое важное свойство лингвистических оценок обусловлено возможностью их ранжирования, что позволяет представить совокупность ЛО в виде некоторой системы с отношениями. Бинарные отношения, образованные на множестве абсолютных ЛО, порождают сравнительные лингвистические оценки по различным критериям, такие, как «Больше»,

---

Афанасьева Т.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная математика и информатика», докторант УлГТУ, г. Ульяновск.

«Меньше», «Примерно равны», «Раньше», «Позже», «Предпочтительнее», «Лучше» и т.д. Сравнительные оценки, построенные на абсолютных ЛО, могут представлять изменения в различных пространствах (в пространстве объектов, во временном пространстве, в пространстве задач) и выражают динамический аспект оценивания. Семантика сравнительных оценок также является контекстно-зависимой и может моделироваться на основе нечетких множеств.

Использованию формальных моделей абсолютных лингвистических оценочных выражений как части естественного языка в моделях и системах принятия решений посвящены работы [1–3]. В то же время исследование, формальное описание и обработка сравнительных лингвистических оценок, построенных на множестве абсолютных оценок, еще не получило достаточного развития.

В основе оценки лежит процесс сопоставления значений характеристик исследуемых объектов значениям соответствующих шкал.

В настоящей работе предлагается специальная лингвистическая шкала в качестве инструмента как абсолютного, так и сравнительного лингвистического оценивания – *ACL-шкала*.

Формально шкалой называется кортеж из трех элементов

$$\langle X, \varphi, Y \rangle,$$

где  $X = \{x_i, R_x\}$  – реальный объект со свойствами  $x_i$ , на которых задано отношение  $R_x$ ;  $Y = \{\varphi(x_i), R_y\}$  определяет шкалу как знаковую систему с отношением  $R_y$ ;  $\varphi \in \Phi$  – гомоморфное отображение  $X$  на  $Y$  так, что  $\{\varphi(x_i)\} \in R_y$  только тогда, когда  $\{x_i\} \in R_x$  для всех  $i$  [4]. Тип шкалы определяется по  $\Phi = \{\varphi(x_i)\}$  и множеству допустимых операций.

**Определение 1.** Модель *ACL-шкалы*  $S_x$  для определения абсолютных и сравнительных лингвистических оценок представима в виде лингвистической переменной с отношениями

$$S_x = \langle \text{Name\_}S_x, \tilde{X}, X, G, P, TTend, RTend \rangle,$$

где  $\text{Name\_}S_x$  – имя *ACL-шкалы*;  $\tilde{X}$  – базовое терм-множество абсолютных ЛО (лингвистическое название градаций), например,  $\tilde{X} = \{\text{Плохой, Удовлетворительный, Хороший, Отличный, ...}\}$ ,  $\tilde{x}_i \in \tilde{X}$ ;  $X$  – универсальное множество, на котором определена шкала,  $x \in X$ ;  $G$  – синтаксические правила вывода (порождения) цепочек оценочных высказываний (производные термов, не входящих в базовое терм-множество);  $P$  – семантические правила, определяющие функции принадлежности для каждого терма (задаются обычно экспертно);  $TTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_j)$  – лингвистическое отношение, фиксирующее тип изменения между двумя оценками  $\tilde{x}_i, \tilde{x}_j$  шкалы;  $RTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_j)$  – лингвистическое отношение, фиксирующее интенсивность различия между двумя оценками  $\tilde{x}_i, \tilde{x}_j$  шкалы.

Отношение  $TTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_j)$  является нечетким лингвистическим отношением, применяемым для определения сравнительной лингвистической оценки  $v_{ij} = TTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_j)$ , характеризующей направление изменения (увеличение или уменьшение) значения абсолютной ЛО  $\tilde{x}_i$  по отношению к  $\tilde{x}_j$ , которое может быть представлено лингвистическими выражениями, например, значениями из множества {РОСТ, ПАДЕНИЕ, СТАБИЛЬНОСТЬ, ОТСУТСТВУЕТ}. Отметим, что каждая оценка  $v_{ij} = TTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_j)$  представима своим нечетким множеством. Отношение  $TTend$  антирефлексивно, антисимметрично и транзитивно:

$$\begin{aligned} \forall \tilde{x} \in \tilde{X} \quad TTend(\tilde{x}, \tilde{x}) &= 0, \\ \forall \tilde{x}, \tilde{y} \in \tilde{X} (\tilde{x} \neq \tilde{y}) \quad TTend(\tilde{x}, \tilde{y}) \wedge TTend(\tilde{y}, \tilde{x}) &= 0, \\ \forall \tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{z} \in \tilde{X} \quad TTend(\tilde{x}, \tilde{z}) &\geq TTend(\tilde{x}, \tilde{y}) \wedge TTend(\tilde{y}, \tilde{z}). \end{aligned}$$

Указанные свойства отношения  $TTend$  позволяют классифицировать его как отношение порядка. Тогда совокупность всех возможных оценок  $V = \{v_{ij}\}$  образует нечеткую порядковую шкалу  $S_v = \langle Name\_TTend, V, \tilde{X}, G_v, P_v \rangle$ .

Отношение  $RTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_j)$  является также нечетким лингвистическим отношением, применяемым для определения сравнительной лингвистической оценки  $\alpha_{ij} = RTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_j)$ , характеризующей степень различия, «неметрическое» расстояние между  $\tilde{x}_i, \tilde{x}_j$ , которое может быть выражено лингвистически, например, значениями из множества {БОЛЬШОЕ, СРЕДНЕЕ, МАЛОЕ, ОТСУТСТВУЕТ}. Эта оценка  $\alpha_{ij}$  также представима своим нечетким множеством.

Отношение  $RTend$  антирефлексивно и симметрично:

$$\begin{aligned} \forall \tilde{x} \in \tilde{X} \quad RTend(\tilde{x}, \tilde{x}) &= 0, \\ \forall \tilde{x}, \tilde{y} \in \tilde{X} \quad RTend(\tilde{x}, \tilde{y}) &= RTend(\tilde{y}, \tilde{x}). \end{aligned}$$

Указанные свойства отношения  $RTend$  позволяют классифицировать его как отношение различия. При этом совокупность всех возможных оценок  $A = \{\alpha_{ij}\}$  образует нечеткую шкалу  $S_\alpha = \langle Name\_RTend, A, \tilde{X}, G_\alpha, P_\alpha \rangle$ .

Таким образом, ACL-шкала  $S_x$  для определения лингвистических оценок является двухуровневой. На первом уровне иерархии из ее универсального множества ACL-шкала  $S_x$  позволяет определять лингвистические оценки  $\tilde{x}_i$  для значений  $x \in X$ , характеризующие их качественные аспекты. Такие лингвистические оценки относятся к классу абсолютных ЛО.

На втором уровне иерархии для значений  $\tilde{x}_i$  и  $\tilde{x}_j$  определяются лингвистические оценки их изменений  $(v_{ij}, \alpha_{ij})$ , характеризующих качественные аспекты различий или «разности первого порядка» по шкалам  $S_v, S_\alpha$ . Такие лингвистические оценки относятся к сравнительным ЛО.

Рассмотрим особенности ACL-шкал. Предлагаемая лингвистическая ACL-шкала  $S_x$  относится к классу нечетких оценочных шкал, входящих в класс порядковых шкал. В ней дополнительно можно оценивать различие и степень различия. Это свойство позволяет рассматривать лингвистическую оценочную ACL-шкалу  $S_x$  как квазиинтервальную и определить для нее «оценочные» и «вычислительные» операции.

Введем следующие «оценочные» операции ACL-шкалы  $S_x$ , порождающие лингвистические оценки:

1) операция определения абсолютной лингвистической оценки  $\tilde{x}_i$  по значению характеристики оцениваемого объекта  $x_j$

$$\tilde{x}_i = Fuzzy(x_j), \quad x_j \in X, \quad \tilde{x}_i \in \tilde{X};$$

2) операция определения значения характеристики оцениваемого объекта  $x_j$  по абсолютной лингвистической оценке  $\tilde{x}_i$

$$x_j = DeFuzzy(\tilde{x}_i), \quad x_j \in X, \quad \tilde{x}_i \in \tilde{X};$$

3) операция определения типа различия (сравнительной лингвистической оценки)

$$v_{ij} = TTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_j), \quad \tilde{x}_i \in \tilde{X}, \quad \tilde{x}_j \in \tilde{X},$$

операция  $TTend$  некоммутативна;

4) операция определения интенсивности различия (сравнительной лингвистической оценки)

$$\alpha_{ij} = RTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_j), \quad \tilde{x}_i \in \tilde{X}, \quad \tilde{x}_j \in \tilde{X},$$

операция  $RTend$  коммутативна.

Определим совокупность «вычислительных» операций ACL-шкалы для порожденных лингвистических оценок:

1) вычисление абсолютной лингвистической оценки

$$\tilde{x}_j = Comp(\tilde{x}_i, v_{ij}, \alpha_{ij});$$

2) разность интенсивностей различий

$$\alpha_{ij} = Diff(\alpha_i, \alpha_j);$$

3) объединение интенсивностей различия

$$\alpha_{ij} = Union(\alpha_i, \alpha_j);$$

4) пересечение интенсивностей различий

$$\alpha_{ij} = Inter(\alpha_i, \alpha_j).$$

Операции  $Diff$ ,  $Union$ ,  $Inter$  коммутативны, ассоциативны, ограничены.

Для конечных пользователей ACL-шкала  $S_x$  обеспечивает внешнее представление оценок в естественной лингвистической форме, внутреннее представление которых (семантика) формализуется на основе аппарата теории нечетких множеств.

Использование единого базиса в виде ACL-шкалы для генерации абсолютных и соответствующих им сравнительных ЛО позволит оперировать совместимыми значениями таких лингвистических оценок объектов и проектировать модели систем принятия решений, обладающих дополнительными возможностями. К таким возможностям следует отнести контекстную адаптацию путем модификации ACL-шкалы (расширение, замена, сжатие), исследование как статических, так и динамических семантических свойств объектов различной природы и их последовательностей в рамках однородных знаковых структур, критериев и целей оценки.

Лингвистические оценки, полученные по ACL-шкале, могут быть успешно использованы в принятии решений и на основе анализа тенденции нечеткого временного ряда.

Отличительной чертой нечетких временных рядов по сравнению с числовыми временными рядами является тот факт, что они образованы нечеткими данными, полученными на основе отображения исходных значений в лингвистические значения информационного пространства меньшей размерности без потери значимости. К таким данным относятся и рассмотренные выше лингвистические оценки.

Актуальность проблемы моделирования и анализа нечетких временных рядов в промышленности, экономике, медицине, образовании, сельском хозяйстве обусловлена ростом хранимых, упорядоченных во времени, данных произвольной природы о характеристиках объектов, процессов и систем, совместная обработка которых затруднена вследствие их неоднородности. Систематическое и комплексное оценивание и исследование изменений таких данных по однородным критериям и шкалам в задачах принятия решений и управлений приобретают все возрастающее значение.

#### *Список литературы*

1. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов [и др.]. – М. : Радио и связь, 1989. – 304 с.
2. Новак, В. Возможности приближения ориентированного на восприятие логического вывода / В.Новак // Тр. 3-й конф. EUSFLAT 2003 ; Университет Прикладных наук Циттау ; Гёрлиц – Циттау. – 2003. – С. 630–635.
3. Ярушкина, Н.Г. Нечеткие временные ряды как инструмент для оценки и измерения динамики процессов / Н.Г. Ярушкина, Т.В. Афанасьева // Датчики и системы. – 2007. – № 12. – С. 46–51.
4. Анфилатов, В.С. Системный анализ в управлении : учеб. пособие / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин ; под ред. А.А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 368 с.

## **Model of ACL-Scale for Generation of Linguistic Estimations in Decision Making**

**T.V. Afanasyeva**

*Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk*

**Key words and phrases:** linguistic estimations; model; fuzzy sets; operations; linguistic relation; management decision making;

**Abstract:** The paper studies the features of linguistic estimations; it proposes the model of an ACL-scale for generation of linguistic estimations in decision-making systems. The offered ACL-scale is formalized on the basis of fuzzy sets and it is applicable for generation of absolute and comparative linguistic estimations; both "estimated" and "computing" operations are specified.

---

© Т.В. Афанасьева, 2008