

**Е.Г. БЕРДИЧЕВСКИЙ**, канд. техн. наук, зав. каф., НовГУ  
им. Ярослава Мудрого, Великий Новгород

### **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ЛОГИК ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭСТЕТИКИ**

Рассмотрена возможность моделировать важнейшие показатели технической эстетики на основе теории нечетких логик. Предлагаемая методика базируется на использовании теории лингвистических переменных и построении функций принадлежности. Методика позволяет учесть этапность дизайн-проектирования путем определения временного инварианта. Ил.: 3. Библиогр.: 13 назв.

**Ключевые слова:** моделирование, показатели технической эстетики, нечеткие логики, лингвистические переменные.

**Постановка проблемы и анализ литературы.** Во многих сферах проектной и творческой деятельности, таких как архитектура, промышленный дизайн, прикладное искусство, реклама и т.д. приходится оценивать такой важнейший комплексный показатель качества готовой продукции как эстетичность. Множество известных общих и частных показателей эстетичности носят описательный характер, не поддаются формализации и количественной оценке [1]. Когда сравнительная количественная оценка эстетичности вариантов проектно-творческой деятельности все же необходима, прибегают к услугам экспертов, чья оценочная работа дает весьма ненадежные результаты. Разброс оценок экспертов бывает настолько велик, что даже статические методы усреднения данных экспертизы приводят к малоценным результатам. Это обстоятельство подчеркивает значительную актуальность проблемы надежной количественной оценки комплексного показателя "эстетичность" продукции. Одним из возможных путей решения проблемы является привлечение аппарата теории нечетких логик и мягких чисел. Известно, что эта теория позволяет в ряде случаев принимать правильные решения в условиях неполной и нечеткой информации [2 – 14].

Первые попытки успешного применения нечетких логик для ситуаций многовариантной оценки слабоформализуемых качественных решений появились в 70-80 годах прошлого века в работах Л. Заде, Э. Мамлани, Беллмана и других [3 – 5, 8 – 10]. Первостепенной областью внедрения алгоритмов нечеткой логики являлись всевозможные системы управления базами данных, экспертные системы в экономике, социологические исследования [4]. Результаты использования методов

нечеткой логики для решения прикладных задач оказались весьма успешными. В последнее десятилетие область привлечения аппарата нечетких логик значительно расширилась [7, 11 – 14]. Однако для решения проблем технической эстетики методы теории нечетких логик не привлекались, что обусловлено, вероятно, новизной и сложностью задачи.

**Цель статьи** – рассмотреть возможность количественной оценки и моделирования методами теории нечетких множеств такого важнейшего комплексного показателя качества промышленной продукции как "эстетичность", зависящего как от оригинальности и выразительности художественно-дизайнерского решения, так и от технологического совершенства при изготовлении изделия.

**Основные результаты.** Для достижения сформулированной цели предложено использовать одно из важнейших понятий теории нечетких логик – понятие лингвистической переменной.

Лингвистическая переменная позволяет приближенно описывать явления, которые настолько сложны, что не поддаются описанию в общепринятых количественных терминах [3].

Лингвистическая переменная определяется пятью параметрами:

$$(x, T(x), U, G, M),$$

где:  $x$  – название переменной (например, красивый, яркий, пластичный, модный и др.);  $T(x)$  – терм-множество имен-значений переменной  $x$ . Каждому из этих имен соответствует подмножество  $X$ , заданное на универсальном множестве  $U$  с базовой переменной  $u$ ;  $G$  – синтаксическое правило, порождающее имена  $X$  значений переменной  $x$  (например, очень красивый, некрасивый, весьма красивый, очень некрасивый и т.д.);  $M$  – семантическое правило, ставящее в соответствие каждому элементу терм-множества нечеткое подмножество  $X$  универсального множества  $U$ . Это правило позволяет строить так называемую функцию принадлежности нечетких подмножеств множества  $U$  с именами  $T(x)$  [6, 9].

Понятия "эстетичность" или "эстетическая выразительность" являются классическими лингвистическими переменными, и их неопределенность может быть формализована аппаратом теории нечетких множеств.

Итак, обозначим  $P$  как лингвистическую переменную "эстетичность". Терм-множество  $T(p)$  представим как объединение трех подмножеств:  $T_1(A_1(t)); T_2(A_2(t)); T_3(A_3(t))$ :

$$T(P) = T_1(A_1(t)) \cup T_2(A_2(t)) \cup T_3(A_3(t)),$$

где  $T_1(A_1(t))$  – терм, объединяющий самые общие, концептуальные показатели эстетичности:

- стилевое соответствие;
- сюжетная определенность;
- эргономичность формы;
- оригинальность;
- информационная выразительность.

$T_2(A_2(t))$  – терм, объединяющий показатели, выполнение которых необходимо для реализации концептуальных идей:

- пластичность, гармоничность;
- масштабность, пропорциональность;
- тектоничность, соподчиненность элементов;
- декоративность;
- фактурность, колористичность;
- композиционная целостность.

$T_3(A_3(t))$  – терм, объединяющий показатели, связанные с качеством изготовления изделия:

- тщательность исполнения рельефа, контуров, орнамента;
- четкость исполнения шрифтов, переходов, сопряжений;
- качество отделки внешних поверхностей;
- сохраняемость декоративных элементов (покрытий, лакокрасочных слоев и др.).

Вышеперечисленные показатели эстетичности относятся к направлению "Промышленный дизайн". Для других ветвей дизайна набор показателей – лингвистических переменных – будет отличаться. Так, в [7] сформулированы показатели качества для мультимедийного дизайна, включающий совершенно другой набор характеристик.

Построим модель формирования эстетичности в общем виде. Модель характеризуется каким-то количеством параметров (в нашем примере 15). Поставим каждому параметру в соответствие некоторое нечетное число, имеющее функцию принадлежности треугольной формы. Значение этого числа пронумеруем по принадлежности множеству  $[0, a]$ . Эти числа моделируют высказывания следующего вида: "параметр приблизительно равен  $\bar{a}$  и однозначно находится в диапазоне  $[0, a]$ . В нашем случае  $\bar{a}$  совпадает с  $\frac{a}{2}$  [8].

Такая формализация понятия "эстетичность" позволяет учесть не только содержательный аспект, но и этапность формирования

эстетических показателей, то есть выделить временной инвариант. Для количественной оценки инварианта формирования эстетичности все показатели разобьем на три группы (профиля) и каждому поставим в соответствие свою функцию принадлежности.

В первую группу (профиль *A*) включаем показатели, формируемые на стадии выработки концепции, проектной идеи и не зависящие от этапа реализации проекта. Таких показателей четыре (стилевое соответствие, сюжетная определенность, эргономичность формы, оригинальность).

Во вторую группу (профиль *B*) включаем показатели, которые должны обеспечиваться на различных (преимущественно ранних) стадиях проектирования. Таких показателей тоже четыре (пластичность, гармоничность; масштабность, пропорциональность; тектоничность, соподчиненность элементов; композиционная целостность).

В третью группу (профиль *C*) включены оставшиеся семь показателей, которые выявляются на окончательных стадиях изготовления изделия (или макета).

На рис. 1 показана функция принадлежности для показателей эстетичности, не зависящих от стадии реализации проекта (профиль *A*).

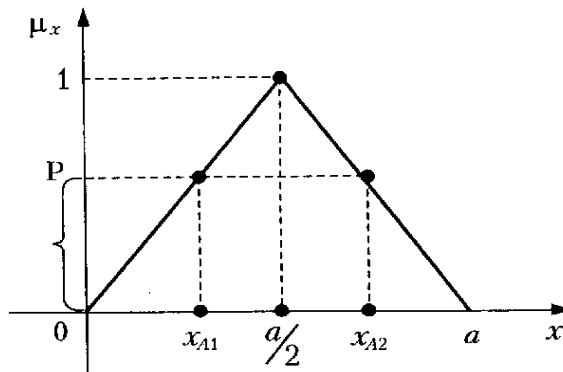


Рис. 1. Функция принадлежности показателей первой группы (профиль *A*)

На рис. 2 изображен профиль показателей эстетичности, формируемый на ранних этапах реализации дизайн-проекта. И на рис. 3 показан профиль показателей, формируемых на завершающих этапах проектирования и изготовления изделия. Величины  $\Delta u$  и  $\Delta v$  задают смещение наиболее вероятного значения показателя эстетичности относительно центра и определяют его вклад в показатель инварианта.

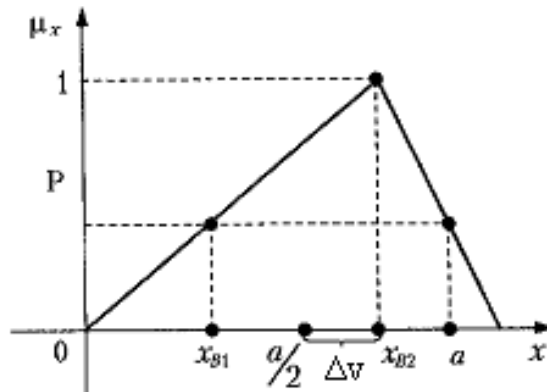


Рис. 2. Функция принадлежности показателей второй группы (профиль B)

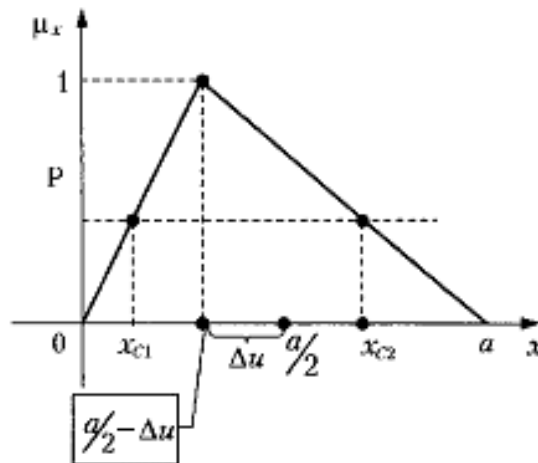


Рис. 3. Функция принадлежности показателей третьей группы (профиль C)

Зададимся произвольным уровнем функции принадлежности нечеткого показателя  $M(x)=P$  и рассчитаем интервалы значений показателя, удовлетворяющих этому равенству. Такой интервал и будем считать инвариантом эстетичности  $I_P$  для каждого профиля в отдельности. В результате получим следующие интервальные переменные:

$$X_A = \left[ \frac{ap}{2}; a - \frac{ap}{2} \right],$$

$$X_B = \left[ \left( \frac{a}{2} + \Delta v \right) p; a - \frac{ap}{2} + \Delta v \right],$$

$$X_C = \left[ \left( \frac{a}{2} - \Delta u \right) p; a - \frac{ap}{2} - \Delta u p \right],$$

где  $X_A, X_B, X_C$  – интервалы для соответствующих профилей  $A, B, C$ .

Пусть в модели эстетичности  $m$  показателей профиля  $A$ ,  $k$  показателей профиля  $B$ ,  $s$  показателей профиля  $C$ .

Согласно технологии выполнения алгебраических операций над нечеткими числами имеем интервал, задающий значение показателя инварианта эстетичности [10]

$$I_p = \frac{S \left( \frac{a}{2} - \Delta u \right) p + k \left( \frac{a}{2} + \Delta v \right) p + \frac{map}{2}}{k + m + s}.$$

Для того, чтобы представить этот интервал в виде треугольного нечеткого числа, необходимо найти значение показателя для  $p = 1$

$$I_p = \frac{S \left( \frac{a}{2} - \Delta u \right) + k \left( \frac{a}{2} + \Delta v \right) + \frac{ma}{2}}{k + m + s}.$$

Для нашего примера  $m = 4$ ;  $k = 4$ ;  $s = 7$ . Нечетное число, выражающее для конкретной ситуации уровень эстетичности, определяется следующим выражением

$$I_p = \frac{7 \left( \frac{a}{2} - \Delta u \right) + 4 \left( \frac{a}{2} + \Delta v \right) + 2a}{15}.$$

Показатели  $\Delta u$  и  $\Delta v$  должны устанавливаться экспертным путем. Например, исследования в НовГУ показали, что при дизайн-проектировании и изготовлении ювелирных изделий  $\Delta u = \Delta v = 0,3 \frac{a}{2}$ .

**Выводы.** Теория нечетких логик (множеств) может эффективно использоваться для моделирования и нечеткой количественной оценки важнейших параметров дизайна и технической эстетики.

**Список литературы:** 1. Дизайн. История, современность, перспективы / Под ред. И.В. Голубятникова. – М.: Мир энциклопедий Аванта+; Астрель, 2011. – 224 с. 2. Коньшева Л.К. Основы теории нечетких множеств: Учебное пособие / Л.К. Коньшева, Д.М. Назаров. – СПб.: Питер, 2011. – 192 с. 3. Беллман Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С. 172-215. 4. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С.А. Орловский – М.: Радио и связь, 1981. – 286 с. 5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде – М.: Мир, 1976. – 302 с. 6. Zader L.A., Fuzzy sets // *Information and Control*. – 1995. – №. 8. – P. 338-353. 7. Бердичевский Е.Г. Эргономическое обеспечение мультимедийных технологий / Е.Г.Бердичевский // *Естественные и технические науки*. – 2012. – № 1. – С. 428-430. 8. Fukami S. Some considerations on fuzzy conditional inferences / S. Fukami, V. Vizumoto and K. Tanaka // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1980. – №. 4. – P. 243-273. 9. Negoita C.V. Applications of fuzzy sets to systems analysis / C.V. Negoita and P.A. Ralesev // Basel. Birkhavser Verlag. – 1975. – 178 p. 10. Prade H. Using fuzzy set theory in scheduling problem: a case study / H. Prade // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1979. – Vol. 2. – № 2. – P. 153-165. 11. Вершинин М.И. Применение нечеткой логики в гуманитарных исследованиях / М.И. Вершинин, Л.П. Вершинина // *Библиосфера*. – 2007. – № 4. – С. 43-47. 12. Городецкий А.Е. Нечеткое математическое моделирование плохо формализуемых процессов и систем / А.Е. Городецкий, И.Л. Тарасова. – СПб.: Из-во Политехн. ун-та, 2010. – 336 с. 13. Чеботарева Е.Э. Математические модели в гуманитарных и естественных науках: философская проблематизация / Е.Э. Чеботарева // *Мысль*. – 2014. – Вып. 17. – С. 73-81.

**References:**

1. Golubyatnikov, I.V. (2011), *Design. History, present, prospects*, World encyclopedias AVANTA+; Astrel, Moscow, 224 p.
2. Konysheva L.K., Nazarov D.M. (2011), *Fundamentals of the theory of fuzzy sets*, Peter, Saint-Petersburg, 192 p.
3. Bellman, R. (1976), "Decision-making in vague conditions", *Questions of the analysis and procedure of decision making*, World, Moscow, pp. 172-215.
4. Orlovski, S.A. (1981), *The problem of decision making with fuzzy initial information*, Radio and communication, Moscow, 286 p.
5. Zader, L. (1976), The concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions, World, Moscow, 302 p.
6. Zader, L.A. (1995), "Fuzzy sets", *Information and Control*, No. 8, pp. 338-353.
7. Berdichevsky, E.G. (2012), "Ergonomic ensuring multimedia technologies", *Natural and technical science*, No. 1, pp. 428-430.
8. Fukami, S., Vizumoto, V. and Tanaka, K. (1980), "Some considerations on fuzzy conditional inferences", *Fuzzy Sets and Systems*, No. 4, pp. 243-273.
9. Negoita, C.V. and Ralesev, P.A. (1975), *Applications of fuzzy sets to systems analysis*, Basel, Birkhavser Verlag, 178 p.
10. Prade, H. (1979), "Using fuzzy set theory in scheduling problem: a case study", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 2, No 2, pp. 153-165.
11. Vershinin, M.I., Vershinina, L.P. (2007), "The use of fuzzy logic in human studies", *Bibliosphere*, No. 4, pp. 43-47.
12. Gorodetsky, A.E., Tarasova, I.L., (2010), *Fuzzy mathematical modeling of poorly formalized processes and systems*, Peter, Saint-Petersburg, Publisher Polytechnic University, 336 p.

13. Chebotareva, E.E. (2014), *Mathematical models in the humanities and natural sciences: the philosophical problematization*, Think, Vol. 17, pp. 73-81.

*Статью представил д-р економ. наук, проф. НовГУ имени Ярослава Мудрого Хузин З.М.*

*Поступила (received) 11.07.2016*

Berdichevskiy Evsey, Cand. Sci. Tech. , Professor  
Yaroslav-the-Wise Novgorod State University  
B. Moscow, 56/12, q. 3, V. Novgorod, Russia, 173004  
Tel: 8 911 6158244, e-mail: bersev@mail.ru  
ORCID ID: 0000-0001 9618-4374



УДК 004.827

**ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКИХ ЛОГІК ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕХНІЧНОЇ ЕСТЕТИКИ / Бердичівський Е. Г. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2016. – № 44 (1216). – С. 5 – 13.**

Розглянуто можливість моделювати найважливіші показники технічної естетики на основі теорії нечітких логік. Запропонована методика базується на використанні теорії лінгвістичних змінних і побудові функцій належності. Методика дозволяє врахувати етапність дизайн-проекткування шляхом визначення тимчасового інваріанта. Ил.: 3. Бібліогр.: 13 назв.

**Ключові слова:** моделювання, показники технічної естетики, нечіткі логіки, лінгвістичні змінні.

УДК 004.827

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ЛОГИК ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭСТЕТИКИ // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2016. – № 44 (1216). – С. 5 – 13.**

Рассмотрена возможность моделировать важнейшие показатели технической эстетики на основе теории нечетких логик. Предлагаемая методика базируется на использовании теории лингвистических переменных и построении функций принадлежности. Методика позволяет учесть этапность дизайн-проектирования путем определения временного инварианта. Ил.: 3. Библиогр.: 13 назв.

**Ключевые слова:** моделирование, показатели технической эстетики, нечеткие логики, лингвистические переменные.

UDK 004.827

**APPLICATION OF FUZZY LOGICS FOR MODELLING OF INDICATORS OF THE INDUSTRIAL ART // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Informatics and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2016. – № 44 (1216). – P. 5 – 13.**

The possibility to modeling the most important indicators of an industrial art on the basis of the theory of fuzzy logics is considered. The offered technique is based on use of the theory of linguistic variables and creation of functions of accessory. The technique allows to consider staging of design design by definition of a temporary invariant. Figs.: 3. Refs.: 13 titles.

**Keywords:** modeling, indicators of an industrial art, fuzzy logics, linguistic variables.