

УДК 004.89

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2023-1-111-11-17

EDN: VGNLBT

## **Модель интеллектуальной системы, основанной на нечеткой логике, в задачах оценки деятельности высшего учебного заведения**

**А. М. Бозиева, Ф. Х. Дзамихова**

Научно-образовательный центр  
Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

**Аннотация.** В данной статье проведен анализ источников по вопросу применения интеллектуальных информационных систем для проведения самообследования высшего учебного заведения. Разработана методика оценки деятельности вуза с выделением необходимых групп и подгрупп критериев для оценки. Получена формализованная модель изучаемой предметной области в рамках методов нечеткой логики.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, нечеткая логика, оценка деятельности, принятие решений, нечеткое моделирование, нечеткая информация

Поступила 19.01.2023, одобрена после рецензирования 05.02.2023, принята к публикации 06.02.2023

**Для цитирования.** Бозиева А. М., Дзамихова Ф. Х. Модель интеллектуальной системы, основанной на нечеткой логике, в задачах оценки деятельности высшего учебного заведения // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 1(111). С. 11–17. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-1-111-11-17

Original article

## **A model of an intelligent system based on fuzzy logic in the tasks of evaluating the activities of a higher educational institution**

**A.M. Bozieva, F.Kh. Dzamikhova**

Scientific and Educational Center  
Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

**Abstract.** This article analyzes sources on the use of intelligent information systems for self-examination of a higher educational institution, methods for evaluating the activities of a university, highlighting the necessary groups and subgroups of criteria for evaluation. A formalized model of the studied subject area has been obtained within the framework of fuzzy logic methods.

**Keywords:** intelligent system, fuzzy logic, activity evaluation, decision-making, fuzzy modeling, fuzzy information

Submitted 19.01.2023, approved after reviewing 05.02.2023, accepted for publication 06.02.2023

**For citation.** Bozieva A.M., Dzamikhova F.Kh. A model of an intelligent system based on fuzzy logic in the tasks of evaluating the activities of a higher educational institution. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2023. No. 1(111). Pp. 11–17. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-1-111-11-17

## ВВЕДЕНИЕ

Использование новых информационных технологий разнообразно и постоянно совершенствуется. В повседневной жизни нам приходится сталкиваться и оперировать понятиями «информационные технологии», «информационные системы», «искусственный интеллект» и т.д. Важнейшим проявлением качественного технологического рывка, приведшего к возникновению информационного общества, и одновременно одной из его существенных черт является возникновение и стремительное распространение так называемых «метатеchnологий». Также мы можем утверждать, что концептуальным этапом в развитии информационных технологий является создание и использование интеллектуальных систем в различных сферах жизнедеятельности человека, в том числе и в образовательной сфере [9]. Это вызвано рядом объективных факторов. Главные из них: накопление большого количества данных, скорость накопления информации намного превышает скорость ее обработки.

Многообразие программных средств в области образования на сегодняшний день достаточно велико. Одни имеют вспомогательный характер – например, системы документооборота. Вторые предназначены для решения экономических задач – например, программное обеспечение для проведения закупок. С помощью третьих систематизируют личные данные субъектов образовательного процесса. Назначение четвертых – представление информации об учреждении образования web-средствами. Пятую категорию составляют программные средства автоматизированной поддержки принятия решений. Среди последней группы в последнее время особое значение приобретают системы интеллектуального анализа данных (ИАД) [1].

В настоящее время реализация интеллектуальных систем чаще осуществляется на базе нечеткой логики и нейронных сетей.

Каждая организация, в том числе и вузы, сталкивается с рядом задач, которые можно описать одним емким понятием «эффективность работы». Ее оценка, как правило, основывается на анализе финансовых показателей, уровня общего менеджмента, итогов образовательной деятельности, научно-исследовательской, международной, внеучебной и т.д. Перечень показателей зависит от выбранной методики оценки: самообследование, модель премии Правительства РФ, модели оценки уровня зрелости организации, рейтинговые модели оценки (RAEX, QS World University Rankings, Times Higher Education World University Rankings и т.д.) и др.

Большинство существующих автоматизированных систем оценивания основано на использовании информационных систем без интеллектуальной обработки данных.

Для проектирования интеллектуальной системы в рамках исследования предлагается использовать в качестве базы модель на нечеткой логике. Применение аппарата теории нечетких множеств [3, 4] обусловлено тем, что используемые исходные данные либо являются качественными, либо неоднозначно и сложно измеряются количественно, кроме того, экспертная информация всегда имеет некоторую степень субъективности.

## НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Начало направлению нечеткой логики было дано в 1965 году в работах Лотфи Аскара Заде, профессора Калифорнийского университета [2]. Нечеткая логика – это многозначная логика, что в свою очередь позволяет устанавливать для качественных значений такие оценки, как «да-нет», «хорошо-плохо», «черное-серое-белое», «высокий-низкий» и т.д. За долгие годы по данному направлению опубликовано множество книг, пособий и статей; реализовано достаточно много как теоретических, так и прикладных исследовательских работ. Первая книга российского автора по теории нечеткости была опубликована в 1980 г. [5].

Простейшая модель, построенная на нечеткой логике, состоит из набора правил, определенных структурой «если-то»: если <условие 1> и ... и <условие m>, то <вывод>, где <условие i> – утверждение типа  $x_i$  есть  $L_{i,j}$ . В данном утверждении  $x_i$  представляет собой значение некоторой i-й переменной, тогда как  $L_{i,j}$  является гибким предикатом, именуемым j-й лингвистический терм i-й лингвистической переменной.  $L_{i,j}$  задается нечетким множеством, которое определяет использование нечеткого предиката в области  $x_i$ . Вывод также является нечетким множеством, которое представляет собой лингвистический терм, выражающий нечеткий предикат, характеризующий выходное поведение системы, если все условия выполняются.

Нечеткое причинное отношение условия и вывода определяется знанием эксперта в виде  $C \rightarrow A$ . Данное отношение является нечетким отношением:

$$E = C \rightarrow A,$$

где « $\rightarrow$ » – нечеткая импликация,  $C$  и  $A$  – функции принадлежности на  $x$  и  $L$ .

Нечеткое отношение  $E$  здесь является нечетким подмножеством произведения  $X \times L$  полного множества условий  $x$  и выводов  $L$ . Можно заключить, что получение итогового вывода  $L'$  при применении i-го случая  $C'$  и значения  $C \rightarrow A$  можно представить в виде:

$$L' = C' * E = C' * (C \rightarrow A).$$

Также необходимо заметить, что правило «если-то» может использоваться и для моделирования состояний исследуемой системы, и для принятия решений по ее управлению.

Формализация признаков, выраженных качественно, оперирует не со значениями самих признаков, измеренных в разных шкалах, а с функциями принадлежности. Таким образом, при формализации понятия «качество» = {низкое, среднее, высокое} получаем несколько пространств с разными наборами функций принадлежности в силу отличительных особенностей каждого конкретного вуза.

#### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Проводилась оценка отчетов по самообследованию нескольких вузов. В связи с отсутствием строгой структуры отчета по самообследованию были отобраны обобщенные критерии. Всего 26 показателей (6 укрупненных), каждый из которых имеет от 2 до 5 вариантов ответов.

Выполнен обзор существующих стандартизованных моделей оценки деятельности организаций для интегрированного использования с процедурой самообследования. Выбрана модель устойчивого развития организации на основе требований стандарта ISO 9004:2018.

Количество уровней соответствия по данному стандарту равно 5 (уровень 1, 2, 3, 4, 5). По этим данным строится алгоритм для адекватной оценки вузов.

Максимально возможное количество баллов, набранных в результате самооценки, по 6 основным группам критериев – 130 баллов, минимальное – 26 баллов: 26–60 – первый уровень, 43–86 – второй уровень, 68–102 – третий уровень, 89–119 – четвертый уровень, 106–130 – пятый уровень.

#### МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

В процессе исследования рассматриваемой проблемной области решена задача построения математической модели. В первую очередь была подобрана система шкалирования как для количественной оценки, так и оценки с помощью вербальных категорий исследуемых факторов.

Для решения поставленной задачи предлагается построение гибридной интеллектуальной системы, что предполагает использование более одного метода имитации интеллектуальной деятельности эксперта-профессионала, т.е. это совокупность аналитических моделей, экспертных систем, искусственных нейронных сетей.

Интеллектуальная система, построенная из двух или более интегрированных подсистем, будет иметь как различные языки представления, так и различные методы вывода. Следует отметить, что составляющие одну систему подсистемы семантически объединены и могут взаимодействовать друг с другом.

Механизм вывода представляется совокупностью процедур и модулей, выполняемых как последовательно, так и параллельно [8].

На рисунке 1 отображены основные этапы решения поставленной задачи.

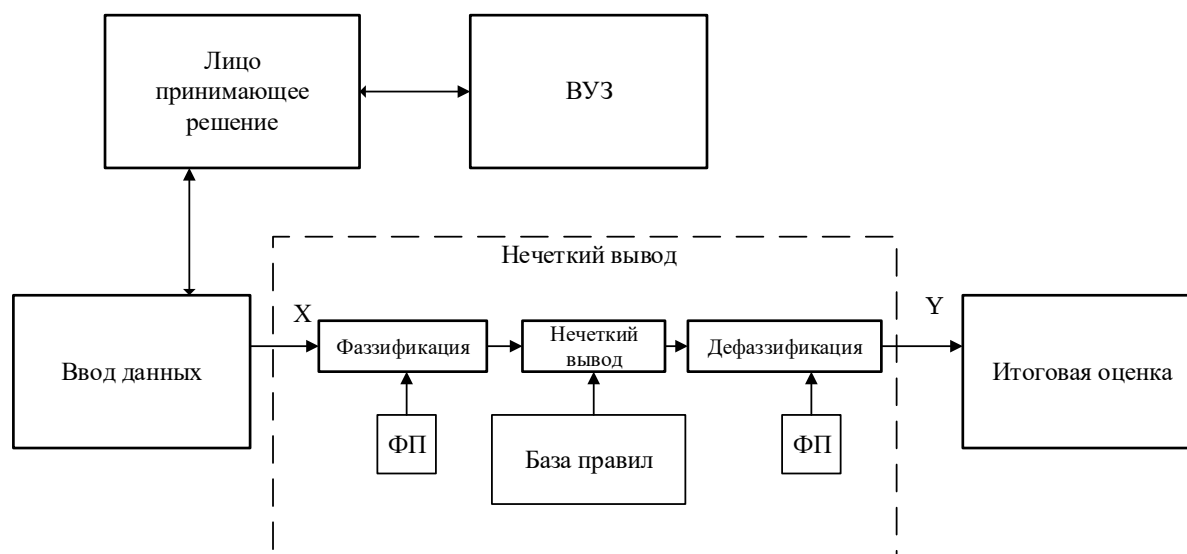


Рис. 1. Общая схема метода решения задачи

Fig. 1. General scheme of the method for solving the problem

В рамках нашей задачи имеем 26 ( $n$ ) входных данных и 5 выходных ( $m$ ):

$$\begin{pmatrix} x_1(y_1) & x_2(y_1) & \dots & x_n(y_1) \\ x_1(y_2) & x_2(y_2) & \dots & x_n(y_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1(y_m) & x_2(y_m) & \dots & x_n(y_m) \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_m \end{pmatrix}$$

В общем случае заданное множество  $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}$  для всех принимаемых переменных значений определяется как вектор значений  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , где  $x_i \in \{0, 1, \dots, k_i - 1\}$ .

Факторы и весовые коэффициенты, заданные вербальными категориями, формализованы лингвистическими переменными.

Построение функции принадлежности выполняется на основе экспертных оценок. Для достижения достоверности входной информации используется процедура анализа согласованности экспертных оценок.

Рассмотрим более подробно построение нечетких правил.

Система нечетких правил отражает процесс формализации взаимосвязи между значениями уровня вуза и факторами, его описывающими [6]:

$$R_1^{(1)} = \begin{cases} R_1^1: < \text{если } x_{11} \vee x_{12} \vee \dots \vee x_{1n}, \text{ то } B_y \text{ есть } a_{y1} > \\ R_2^1: < \text{если } x_{21} \vee x_{22} \vee \dots \vee x_{2n}, \text{ то } B_y \text{ есть } a_{y2} > \\ \dots \\ R_m^1: < \text{если } x_{m1} \vee x_{m2} \vee \dots \vee x_{mn}, \text{ то } B_y \text{ есть } a_{ym} >, \end{cases}$$

где  $m$  – количество уровней  $B_y$ ;  $x_{ji}, i = \overline{1, n_j}, j = \overline{1, m}$  есть высказывание  $< B_x \text{ есть } a_{xji} \wedge B_y \text{ есть } a_{yji} \wedge \dots \wedge B_z \text{ есть } a_{zji} >$ .

В общем виде функция принадлежности будет представлена в следующем виде [6]:

$$\mu(1) = \min\{1, [1 - \mu_{\omega 1}(\omega') + \mu_{y1}(y')], \dots, [1 - \mu_{\omega m}(\omega') + \mu_{ym}(y)]\}.$$

По базе данных, содержащей информацию о самообследовании вуза, строятся логико-вероятностные модели. Комплекс логико-вероятностных моделей выполняет обработку знаний следующим образом [7]:

- выявляются различного рода закономерности в знаниях;
- оперативно принимается решение диагностического и классификационного характера.

Значения некоторых факторов в описании вуза известны с некоторой вероятностью.

Для получения адекватного решения к базе данных интеллектуальной системы предъявляется ряд требований, такие как избыточность, полнота, непротиворечивость. Степень оптимальности решения, получаемого интеллектуальной системой, зависит от достоверности входных данных, поэтому анализ качества экспертной информации является первоочередной и актуальной задачей.

Предлагаемый подход к решению поставленной задачи обладает особенностью, позволяющей решать многофакторную задачу в условиях работы экспертов с нечеткой информацией и нечеткими знаниями.

Составленная по предлагаемым критериям, интегрированным со стандартом ИСО, и правилам вывода база знаний позволяет получить адекватный результат. Формализованное описание критериев, определяемых качественно с последующим построением fuzzy-моделей, позволяет уменьшить субъективную составляющую в проведении оценки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существует множество сложных открытых задач реального мира, в которых встречаются нечеткие данные, и существует необходимость в их оценке для принятия решений. Здесь возникает вопрос понятия хорошего решения с точки зрения пользователя.

Методы интеллектуального анализа данных выступают инструментом не только оптимальной работы информационной системы, но и функциональным средством ее непрерывного развития.

Развитие и совершенствование информационной среды сферы образования зависят от обеспечения системы образования как в целом, так и каждого учебного заведения в отдельности соответствующими интеллектуальными информационными системами, техническими средствами и специализированными подразделениями, приспособленными для организации деятельности с ИИС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженова Р. И., Лопатин Д. К. О применении современных технологий в разработке интеллектуальных систем // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2014. № 3(93). С. 263–264.
2. Zadeh L.A. Probability measures of fuzzy events // Journal of Mathematical Analysis and Applications. 1968. Vol. 23. No. 2. Pp. 421–427. DOI: 10.1016/0022-247X(68)90078-4.
3. Кофман Л. Введение в теорию нечетких множеств. Москва: Радио и связь, 1982. 432 с.
4. Макаров И. М. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления. Москва: Наука, 2006. 333 с.
5. Орлов А. И. Теория принятия решений. Москва: Экзамен, 2005. 656 с.
6. Малышев Н. Г. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. Москва: Энергоатомиздат, 1991. 136 с.
7. Эдгулова Е. К., Тхабисимова М. М., Бозиева А. М. Особенности построения баз знаний в интеллектуальных системах // Информационные технологии в экологии, образовании и бизнесе: материалы конференции. Нальчик: КБГУ, 2021. С. 168–174.
8. Edgulova E.K., Lamerdonov Z.G., Khashirova T.Y., Moskalenko L.A., Denisenko V.A. Algorithm parallelizing for classifying the complex systems // 2018 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS). St. Petersburg, Russia, 2018. Pp. 620–622. DOI: 10.1109/ITMQIS.2018.8524982.
9. Маркарян А. О., Хараберюш И. Ф. Интеллектуальные системы в сфере образования: история и перспективы // Studia Humanitatis. 2018. № 4. Ст. 9. EDN: YUCZIL.

## Информация об авторах

**Бозиева Асият Мухтаровна**, аспирант, Научно-образовательный центр Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

bozieva.asya@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1124-2289>

**Дзамихова Фатимат Хасеновна**, аспирант, Научно-образовательный центр Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

taft80@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5977-4479>

## REFERENCES

1. Bazhenova R.I., Lopatin D.K. On the application of modern technologies in the development of intelligent systems. *Zhurnal nauchnykh publikatsiy aspirantov i doktorantov* [Journal of Scientific Publications of Postgraduates and Doctoral Students]. 2014. Vol. 93. No. 3. Pp. 263–264. (In Russian)
2. Lotfi A. Zadeh. Probability measures of fuzzy events. *Journal of Mathematical Analysis and Application*. 1968. Vol. 23. No. 2. Pp. 421–427. DOI: 10.1016/0022-247X(68)90078-4.
3. Kofman L. *Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv* [Introduction to the theory of fuzzy sets]. Moscow: Radio i svyaz', 1982. 432 p. (In Russian)
4. Makarov I.M. *Iskusstvennyy intellekt i intellektual'nye sistemy upravleniya* [Artificial intelligence and intelligent control systems]. Moscow: Nauka, 2006. 333 p. (In Russian)
5. Orlov A.I. *Teoriya prinyatiya resheniy* [Theory of decision-making]. Moscow: Ekzamen, 2005. 656 p. (In Russian)
6. Malyshev N.G. *Nechetkie modeli dlya ekspertnykh sistem v SAPR* [Fuzzy models for expert systems in CAD]. Moscow: Energoatomizdat, 1991. 136 p. (In Russian)

7. Edgulova E.K., Thabisimova M.M., Bosieva A.M. Features of building knowledge bases in intelligent systems. *Information technologies in ecology, education and business: conference materials*. Nalchik: Kabardino-Balkarian State University, 2021. Pp. 168–174. (In Russian)
8. Edgulova E.K., Lamerdonov Z.G., Khashirova T.Y., Moskalenko L.A., Denisenko V.A. Algorithm parallelizing for classifying the complex systems. *2018 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS)*. St. Petersburg, Russia, 2018. Pp. 620-622. DOI: 10.1109/ITMQIS.2018.8524982.
9. Markaryan A.O., Kharaberyush I.F. Intelligent systems in the field of education: history and prospects. *Studia Humanitatis*, 2018. Art. 9. EDN: YUCZIL. (In Russian)

### Information about the authors

**Bozieva Asiyat Mukhtarovna**, postgraduate student, Scientific and Educational Center of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

bozieva.asya@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1124-2289>

**Dzamikhova Fatimat Khasenovna**, postgraduate student, Scientific and Educational Center of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

taft80@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5977-4479>