

## НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ (ВУЗА)

### FUZZY MODELING IN THE TASKS OF EVALUATING THE ACTIVITIES OF AN ORGANIZATION (UNIVERSITY)

**E. Edgulova  
T. Khashirova  
A. Bozieva  
R. Gurfova**

*Summary:* A method of qualimetric assessment of the main criteria based on the GOST R ISO 9004-2019 standard and the university self-examination procedure is proposed. The assessment is made on a point scale, and the result is expressed by a variable from 26 to 130 points, which determines the level of maturity of the organization.

A model of the subject area in the form of a system of production rules has been developed, taking into account the weight of input features. The knowledge base contains production rules that allow you to assess the level of the university on the basis of fuzzy logical inference. The implementation is implemented in Python using Pandas, NumPy, Matplotlib libraries. Pandas (DataFrame) is used to process the input file (training sample). The developed intelligent system provides for a procedure for acquiring knowledge, which leads to the expansion of its capabilities and the addition of new criteria to it, and this, in turn, will allow for the assessment and consideration of the requirements of stakeholders.

*Keywords:* fuzzy modeling, linguistic variable, fuzzy variable, membership function, fuzzy sets, evaluation of university activities.

**Эдгулова Елизавета Каральбиевна**

кандидат физико-математических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова» г. Нальчик,  
ertolaeva-07@yandex.ru

**Хаширова Татьяна Юрьевна**

доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО  
«Кабардино-Балкарский государственный университет  
им. Х.М. Бербекова» г. Нальчик  
khashirova@mail.ru

**Бозиева Асият Мухтаровна**

старший преподаватель, ФГБОУ ВО  
«Кабардино-Балкарский государственный университет  
им. Х.М. Бербекова» г. Нальчик,  
bozieva\_asya@mail.ru

**Гурфова Рита Ваноевна**

кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО  
«Кабардино-Балкарский государственный университет  
им. Х.М. Бербекова» г. Нальчик,  
guruinform1961@yandex.ru

*Аннотация.* Предложен способ квалиметрической оценки основных критериев, основанный на стандарте ГОСТ Р ИСО 9004-2019 и процедуре самообследования вуза. Оценка производится по бальной шкале, и результат выражается переменной от 26 до 130 баллов, которая определяет уровень зрелости организации.

Разработана модель предметной области в виде системы продукционных правил с учетом весомости входных признаков. База знаний содержит продукционные правила, позволяющие оценить уровень вуза на основе нечеткого логического вывода. Реализация выполнена в среде Python с использованием библиотек Pandas, NumPy, Matplotlib. С помощью Pandas (DataFrame) выполняется обработка входного файла (обучающая выборка). Разработанная интеллектуальная система предусматривает процедуру приобретения знаний, что ведет к расширению ее возможностей и добавлению в нее новых критериев, а это, в свою очередь, позволит проводить оценку и учет требований заинтересованных сторон.

*Ключевые слова:* нечеткое моделирование, лингвистическая переменная, нечеткая переменная, функция принадлежности, нечеткие множества, оценка деятельности вуза.

**З**адача достижения успеха в сложных, постоянно меняющихся условиях особенно важна для функционирования всех организаций и отраслей. Эффективное решение этой проблемы предполагает обеспечение удовлетворенности всех заинтересованных сторон. В случае высшего учебного заведения это — абитуриенты, окружение абитуриентов, средние общеобразовательные учреждения, студенты, выпускники, работодатели, рекрутинговые агентства, руководство вузов, преподаватели, министерства и ведомства.

Анализ и оценка деятельности организаций в различных областях является актуальной задачей. В зависимости от специфики системы существует несколько способов решения этой проблемы. Это могут быть методы математической статистики, а также модели, основанные на алгоритмах поиска частичного соответствия показателей деятельности организации установленным стандартам; системы, основанные на экспертных знаниях; системы машинного обучения, требующие больших объемов данных.

В качестве методики оценки в статье исследуется процедура самооценки (самообследования) в интеграции со стандартом ГОСТ Р ИСО 9004-2019.

На рисунке 1 показано место процедуры самообследования в общей архитектуре деятельности вуза.

Предварительный процесс организации самооценки вуза включает несколько этапов, приведенных на рисунке 2.

Рассматриваемая задача относится к задачам принятия решений, общий вид которой представим в виде кортежа:

$$D = \langle F, A, P, G, R; T \rangle, \quad (1)$$

где  $F$  — содержательная постановка задачи, цели, которые должны быть достигнуты, требования к виду окончательного результата;  $A$  — совокупность альтернатив

(вариантов), из которых производится выбор (оценка, ранжирование):

$$A = \{a_i\}, i = \overline{1, n},$$

$P$  — совокупность признаков (характеристик), описывающих варианты и их отличительные особенности:

$$\forall a_i : P = \{p_{ij}\}, j = \overline{1, m},$$

$G$  — совокупность условий, ограничивающих область допустимых вариантов решения;

$R$  — система предпочтений лица принимающего решение (ЛПР);  $T$  — действие (действия), которое требуется выполнить над множеством альтернатив  $A$ : найти наиболее предпочтительную альтернативу, выделить множество недоминируемых альтернатив, линейно упорядочить множество допустимых альтернатив и т. п.



Рис. 1. Место оценки в архитектуре бизнес-процессов вуза

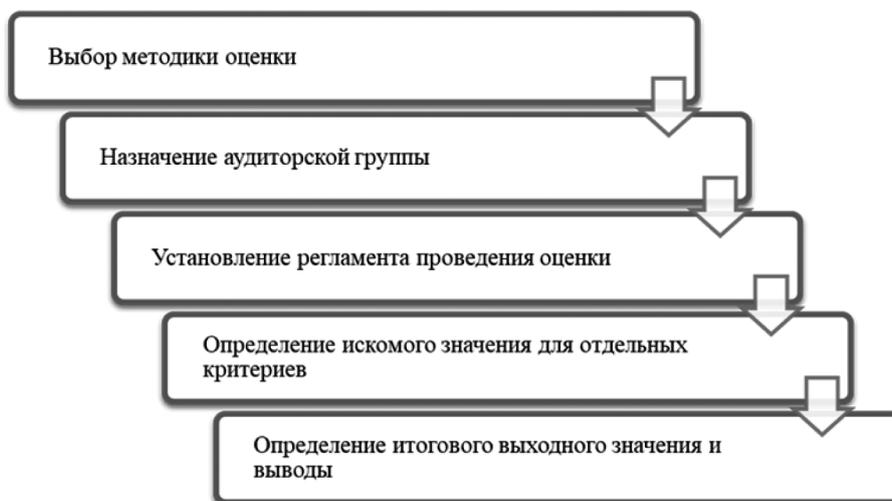


Рис. 2. Этапы организации самооценки

Решение (1) определим, как подмножество  $D$  множества альтернатив  $A$ , образованное на основе системы предпочтений ЛПР в соответствии с типом задачи:

$$D \subset 2^A \times K^A,$$

где  $2^A$  обозначает множество всех подмножеств множества  $A$ ;  $K^A$  — множество всех кортежей длиной от 2 до  $|A|$ .

Необходимость обоснования выбора присутствует во всех сферах человеческой деятельности. Анализ механизмов, процессов и правил выбора оптимальной альтернативы выполняется с учетом особенностей природы объектов и их существования в различных средах. Основная задача, поставленная авторами статьи — это исследование подходов проектирования интеллектуальной системы, в частности, разработка методов, помогающих одному или нескольким лицам осуществить обоснованный выбор наилучшего, в некотором смысле, варианта или нескольких предпочтительных вариантов, из имеющегося множества возможных альтернатив.

Таким образом, следует подчеркнуть, что интеллектуальная система, проектируемая для принятия решений по оценке ВУЗа, предполагает построение множества возможных вариантов решения обозначенной пробле-

мы, сравнение их между собой, нахождение среди них наилучших или допустимых вариантов, которые удовлетворяют заданным ограничениям, и при необходимости, обоснование сделанного выбора.

Рассмотрим процедуру построения системы правил (базы знаний). В первую очередь, анализируем предметную область и разрабатываем даталогическую модель информационной базы, представляющую реляционную модель. Реляционная база данных будет представлена подмножеством декартового произведения:

$$R = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_i \times \dots \times P_m \times E, \quad (2)$$

где  $P_i, i = 1, \dots, m$  —  $i$ -ый домен, содержащий значения  $i$ -ой характеристики рассматриваемых объектов (ВУЗов);  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_j\}$  — домен, содержащий итоговые экспертные оценки.

Следующим шагом является заполнение базы данных  $R^*$  обучающей выборкой, используемой для генерирования правил-эталонов. В процессе интеллектуального анализа обучающей выборки применяется процедура распараллеливания алгоритма обработки данных [5]. Рассмотрим алгоритм разработки правил-эталонов:

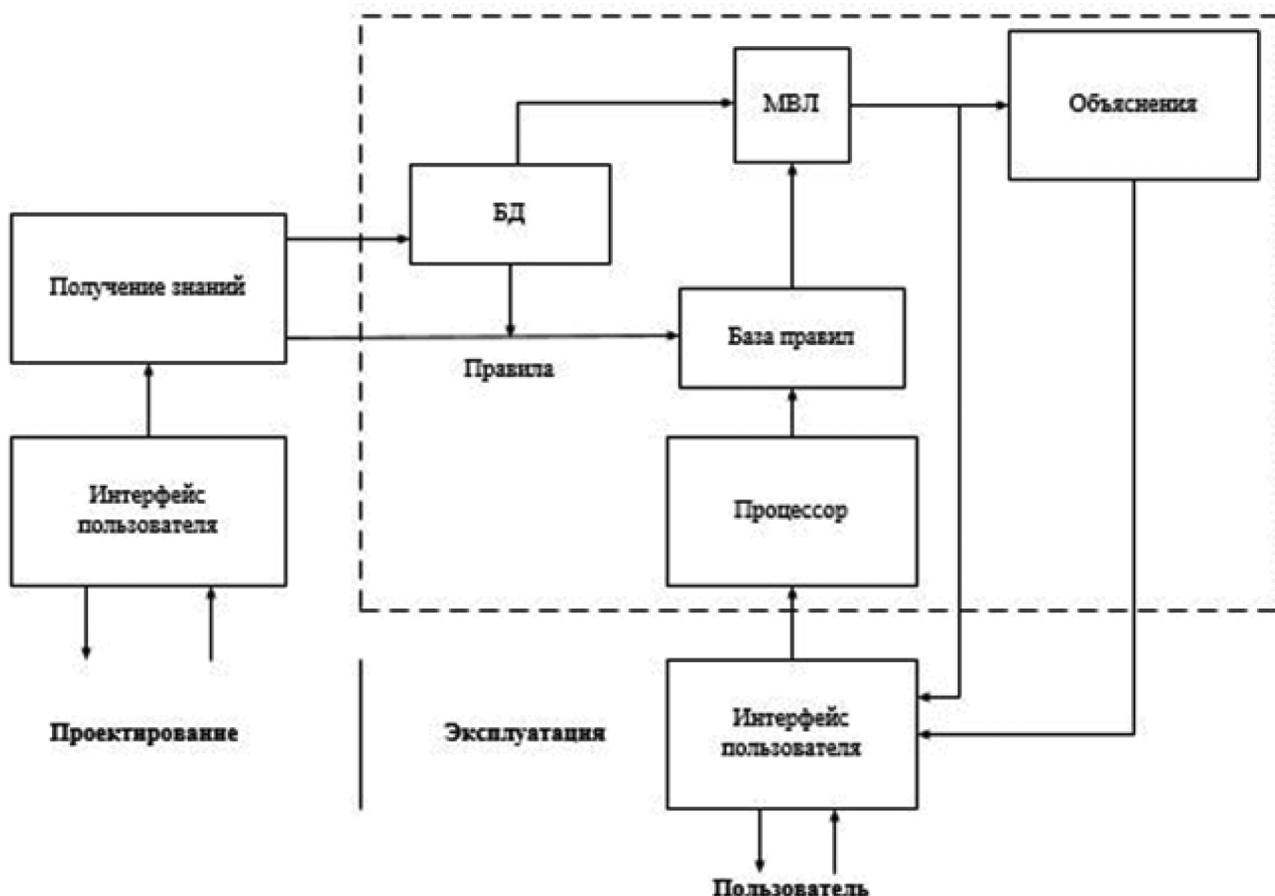


Рис. 3. Обобщенная схема интеллектуальной системы

Шаг 1. Выполнить сортировку базы данных  $R^*$  по полям  $P_1, P_2, \dots, P_m$ .

Шаг 2. Разбить упорядоченный набор данных  $R^*$  на классы  $C_l (l = 1, \dots, K, \text{ где } K \text{ — количество классов})$

$$C_i \cap C_j = \emptyset, i \neq j \quad (3)$$

Класс  $C_l$  содержит множество экземпляров записей базы данных  $R^*$  с одинаковыми значениями полей  $P_1, P_2, \dots, P_m$ , т.е. можно утверждать, что  $l$  класс — это множество экземпляров записей базы данных  $R^*$  вида:

$$\{ \langle P_{i1}^*, P_{i2}^*, P_{i3}^*, \dots, P_{ij}^*, \dots, P_{im}^*, \omega_j^* \rangle \}$$

где  $i_l = \overline{1, n}$ ,  $n_l$  — количество записей, попавших в  $l$  класс.

Шаг 3. Построить и записать в базу знаний правило  $\forall l$ -го класса  $C_l$  на основе анализа значений последнего столбца базы данных  $R^*$ :

$$L_l : \bigwedge_{j=1}^m (P_{ij}^* \cdot \omega_j^*) \rightarrow e_f^*, e_f^* \in E, f \in \{1, 2, \dots, t\}, l \leq K \quad (4)$$

где  $\omega_j^*$  — вес  $j$ -го показателя;  $\rho$  — вероятность получения оценки  $e_f^*$ ,  $\rho = k/n$ ,  $n$  — количество записей (строк) базы данных, попавших в  $l$ -ый класс,  $k$  — наибольшее количество повторений оценки  $e_f^*$  в рассматриваемом классе  $C_l$ .

В результате выполнения представленного выше алгоритма в базу знаний заносятся продукционные правила, построенные по формуле (4), при условии, что  $\rho \geq 0,5$ , по которым производится оценка исследуемого объекта  $Q_l$  согласно следующему правилу:

$$\left| \sum_{j=1}^m (P_{ij} \cdot \omega_j - P_{ij}^* \cdot \omega_j^*) \right| < \varepsilon \quad (5)$$

где  $P_{ij}$  — значение  $j$ -го показателя объекта  $Q_l$ ;  $\omega_j$  — вес  $j$ -го показателя объекта  $Q_l, l \in [1, K], \varepsilon$  — заданная экспертом малая величина.

Тогда в качестве оценки объекта  $Q_l$  выбирается оценка  $e_f^*$  (оценка, приведенная в продукционном правиле  $L_l$ ).

Исследуя проблему построения базы правил целесообразно рассмотреть вопросы, связанные с выбором системы шкалирования для оценки исходных характеристик. Вид модели (4) будет зависеть от типа информации, так если для всех исходных характеристик эксперты задают количественные оценки, то построенную модель можно отнести к логико-вероятностной модели с количественными оценками характеристик; если же хотя бы для одной характеристики экспертные оценки представлены вербальными категориями, то возможны два варианта [3] (рис. 4).

Первый вариант предполагает использование знаний профессионального эксперта по соотношению каждой характеристике числового значения, что приведет к логико-вероятностной модели с количественными характеристиками. В этом случае необходимо использовать коэффициент доверия (вес) эксперта.

Второй вариант предполагает использование аппарата нечеткой математики.

Все элементы или хотя бы один элемент поставленной задачи (альтернативы, исходы и зависимости между ними, оценки вероятностей наступления исходов, критериальные оценки исходов, отношения предпочтения ЛПР, решающее правило) могут быть представлены в условиях неопределенности в виде нечетких понятий и отношений.

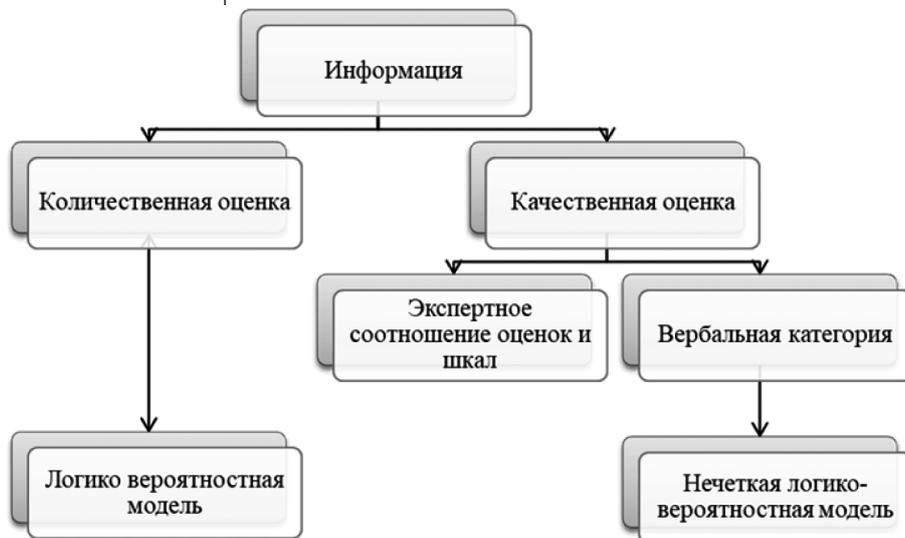


Рис. 4. Зависимость вида модели от типа информации

В связи с необходимостью обработки нечеткой информации в качестве математического аппарата для решения поставленной проблемы выбрана теория нечетких множеств. Обработка нечеткой информации в задачах принятия решения обеспечивается применением лингвистического подхода. Формализация нечетких понятий и отношений профессионального языка ЛПР обеспечивается введением понятий нечеткой и лингвистической переменных, нечеткого множества и отношения [1,3] (рис. 5).

Нечеткие системы и по сей день занимают прочное место среди информационных технологий, считающихся интеллектуальными. Предлагаемая нечеткая интеллектуальная система оценки ВУЗа предполагает, прежде всего, нечеткую производственную систему, поскольку ядром нечеткой системы является база знаний нечетких производственных правил при этом производственная модель практически обеспечивает представление разнотипной информации.

Функция принадлежности, используемая при построении нечеткого множества, берется треугольной

и определяется тройкой чисел  $(a, b, c)$ , где  $a - b = c - b$ , а ее значение в точке  $x$  вычисляется следующим образом:

$$\mu_x = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-b}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x \notin [a, c] \end{cases}$$

При построении функций принадлежности (ФП) должны выполняться специфические условия, приведенные в таблице 1 [2].

Следует отметить, что основой для проведения операций нечеткого логического вывода является база правил, содержащая нечеткие высказывания следующих пяти типов [2]:

1. Высказывания с лингвистическими переменными. В этом случае используется лингвистическая шкала для описания характеристик объекта или явления, например, «высокий», «средний», «низкий».



Рис. 5. Базовые понятия нечеткого моделирования

Таблица 1.

Условия построения функций принадлежности

Формальная модель	Содержательные аспекта
$(\forall \beta) \mu_{c1}(x') = 1$	Функции принадлежности крайнего левого и крайнего правого термов не имеют колоколообразную форму
$(\forall \beta)(\forall T_i \in T \setminus \{T_m\})$ $(0 < \sup \mu_{c1 \cap c_{i+1}}(x) < 1)$	Недопустимы участники области определения термов нечетких множеств, которым не соответствует какое-либо понятие
$(\forall \beta)(\forall T_i \in T)(\exists x \in X)(\mu_{c1}(E) = 1)$	Недопустимо совмещение на одном участке шкалы носителя функций принадлежности с различной высотой
$(\forall \beta)(\exists x' \in R_1)(\exists x'' \in R_1)$ $(\forall x \in X)(x' < x < x'')$	Область определения параметра ограничена конечным числом точек

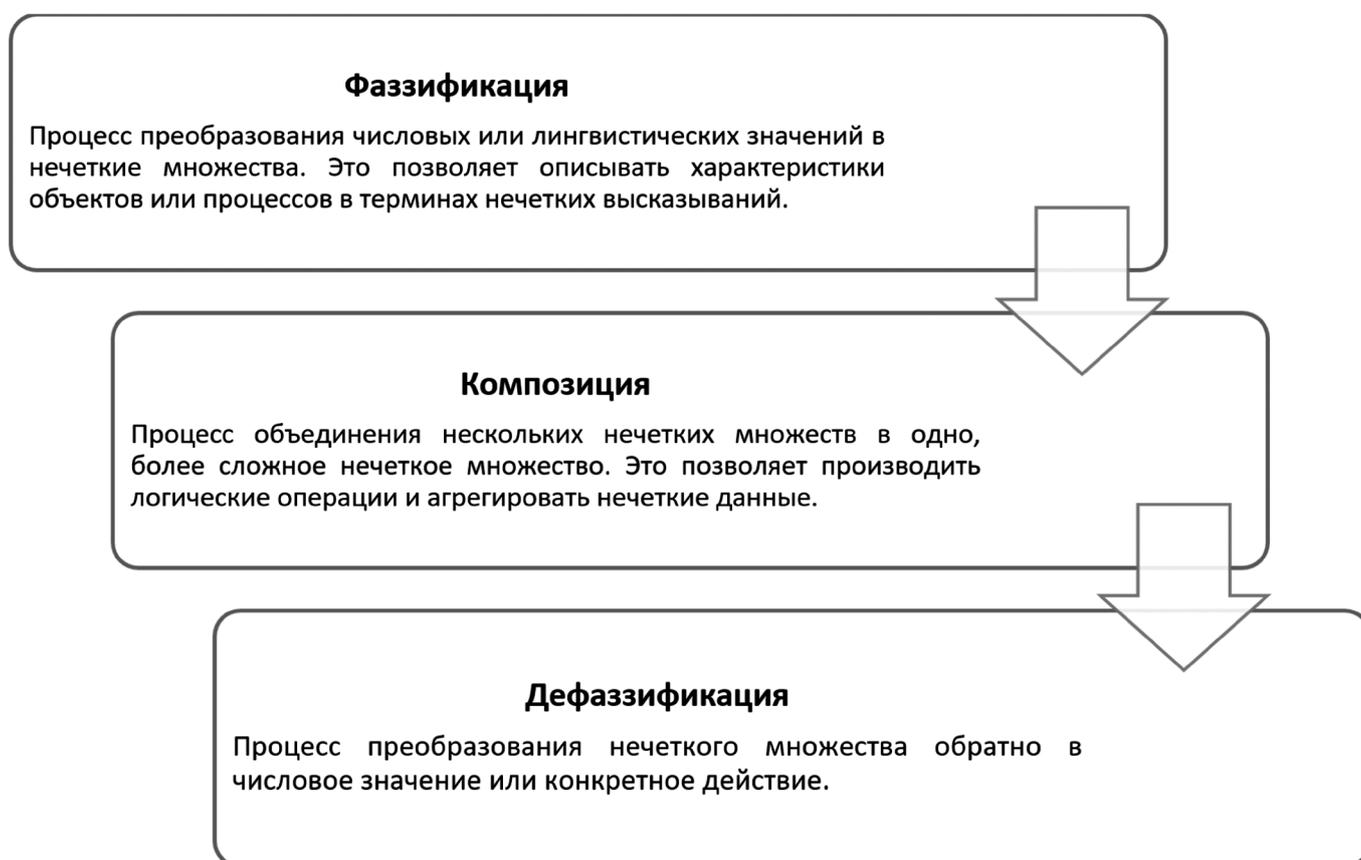


Рис. 6. Основные этапы реализации подхода на основе нечетких моделей

- Высказывания с нечеткими кванторами. В этом случае кванторы, такие как «большинство», «некоторые», «многие», описывают группы объектов или явлений, нечетким образом.
- Высказывания с модификаторами: очень, более или менее и т.д.
- Высказывания с операциями нечеткой логики. Например, используются операции «ИЛИ» и «И», которые позволяют объединять нечеткие высказывания.
- Высказывания с нечеткими условиями. В этом случае эмпирические данные или условия описываются с помощью нечетких высказываний.  
  
Решение задачи на основе теории нечетких множеств предусматривает последовательную реализацию этапов фаззификации, композиции и дефаззификации (рис. 6).  
  
При описании вуза были сделаны следующие предположения и допущения.

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.

Таблица 2.

Пределы квалиметрических шкал групп критериев

Укрупненный критерий оценки	Пункт критерия	Баллы [26–130]
1. Система управления университетом	1.1. Соответствие организации управления университетом уставным требованиям и менеджмент процессов. 1.2. Соответствие нормативной и организационно-распорядительной документации действующему законодательству и уставу. 1.3. Программы развития университета.	3–15
2. Образовательная деятельность	2.1. Содержание подготовки студентов. 2.2. Соответствие подготовки студентов образовательным стандартам. 2.3. Обеспеченность основной учебно-методической литературой. 2.4. Информационное обеспечение образовательного процесса. 2.5. Уровень требований при конкурсном отборе абитуриентов. 2.6. Внутренняя система оценки качества образования. 2.7. Качество кадрового обеспечения. Сведения о повышении квалификации профессорско-преподавательского состава. 2.8. Востребованность выпускников и их профессиональное продвижение 2.9. Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья	9–45
3. Научно-исследовательская деятельность	3.1. Стратегические направления научных исследований: основные научные школы, планы развития основных направлений. 3.2. Объемы проведенных научных исследований. 3.3. Анализ публикационной деятельности. 3.4. Конференционная и патентно-лицензионная деятельность. 3.5. Использование результатов научных исследований в образовательной деятельности при подготовке кадров высшей квалификации	5–25
4. Международная деятельность	4.1. Экспорт образовательных услуг. 4.2. Академическая мобильность студентов и преподавателей. 4.3. Участие в международных проектах и программах, направленных на инновационное развитие вуза.	3–15

Укрупненный критерий оценки	Пункт критерия	Баллы [26–130]
5. Внеучебная деятельность	5.1. Материально-техническое обеспечение воспитательной работы. 5.2. Работа общественных студенческих организаций 5.3. Кураторство. 5.4. Работа социально-психологической службы.	4–20
6. Материально-техническое обеспечение	6.1. Состояние и развитие материально-технической и учебно-лабораторной базы. 6.2. Социально-бытовые условия.	2–10

Согласно обобщенному алгоритму решения задачи, требуется сформулировать условие задачи в лингвистической форме. Преобразуем каждую группу критериев в форму лингвистической переменной. Были определены три термина лингвистической переменной: «низкий» (соответствующий 1 и 2 уровням), «средний» (соответствующий 3 уровню) и «высокий» (соответствующий 4 и 5 уровням). Пределы квалиметрических шкал групп критериев представлены в таблице 2.

Нечеткая оценка отражает не только «ценность» значения характеристики для объекта экспертизы, но и степень уверенности эксперта в данной оценке.

В интеллектуальной системе предусмотрены процедуры определения весового коэффициента эксперта как на основе тестирования, так и с учетом оценки проведенных им экспертиз, т.е. чем больше экспертиз провел эксперт, тем выше его весовой коэффициент.

### Выводы

Предложен способ квалиметрической оценки основных критериев, основанный на стандарте ГОСТ Р ИСО 9004-2019 и процедуре самообследования вуза. Оценка производится по бальной шкале, и результат выражается переменной от 26 до 130 баллов, которая определяет уровень зрелости организации.

Разработана модель предметной области в виде системы продукционных правил с учетом весомости входных признаков. База знаний содержит продукционные правила, позволяющие оценить уровень вуза на основе нечеткого логического вывода. Реализация выполнена в среде Python с использованием библиотек Pandas, NumPy, Matplotlib. С помощью Pandas (DataFrame) выполняется обработка входного файла (обучающая выборка). Разработанная интеллектуальная система предусматривает процедуру приобретения знаний, что ведет к расширению ее возможностей и добавлению в нее новых критериев, а это, в свою очередь, позволит проводить оценку и учет требований заинтересованных сторон.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.
2. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева В.Г. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. М.: Радио и связь, 1989. 304 с.
3. Конышева., Назаров Д. Основы теории нечетких множеств. Учебное пособие— СПб.: Питер, 2011, 192 с.
4. Эдгулова Е.К., Тхабисимова М.М., Бозиева А.М. Особенности построения баз знаний в интеллектуальных системах/ В сборнике: Информационные технологии в экологии, образовании и бизнесе. материалы конференции. 2021. С. 168–174.
5. Edgulova E.K., Lamerdonov Z.G., Khashirova T.Y., Moskalenko L.A., Denisenko V.A. ALGORITHM PARALLELIZING FOR CLASSIFYING THE COMPLEX SYSTEMS/ В сборнике: Proceedings of the 2018 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies", IT and QM and IS 2018. 2018. С. 620–622.
6. Хаширова Т.Ю., Малухова Ф.В., Балкизова Ф.Б., Апшева С.Ю. Применение цифровых технологий в управлении образовательной организацией. Современные проблемы науки и образования. 2022. № 2. С. 58.
7. Хаширова Т.Ю., Малухова Ф.В., Эдгулова Е.К., Гурфова Р.В. Современные подходы к проблеме управления педагогическим процессом образовательной организации с использованием информационно-коммуникационных технологий. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 1–2. С. 59–62.

---

© Эдгулова Елизавета Каральбиевна (ermolaeva-07@yandex.ru); Хаширова Татьяна Юрьевна (khashirova@mail.ru);  
Бозиева Асият Мухтаровна (bozieva\_asya@mail.ru); Гурфова Рита Ваноевна (guruinform1961@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»