

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

*М. С. Бабий, канд. техн. наук, доцент;  
А. П. Чекалов, канд. техн. наук, доцент,  
Сумский государственный университет, г. Сумы*

*Разработан алгоритм оценивания знаний с использованием элементов нечеткой логики. Качество тестовых вопросов оценивается в зависимости от сложности и практической ценности этих вопросов. Предложена совокупность нечетких предикатных правил в форме Мамдани для вычисления коэффициентов качества.*

***Ключевые слова:** нечёткая логика, оценка знаний, рейтинговая система, правила Мамдани.*

*Розроблено алгоритм оцінювання знань з використанням елементів нечіткої логіки. Якість тестових запитань оцінюється залежно від складності і практичної цінності цих запитань. Запропонована сукупність нечітких предикатних правил у формі Мамдані для обчислення коефіцієнтів якості.*

***Ключові слова:** нечітка логіка, оцінка знань, рейтингова система, правила Мамдані.*

### ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Одним из способов повышения качества учебного процесса в высших учебных заведениях является внедрение автоматизированных систем контроля знаний [1]. Тем не менее, результаты работы таких систем воспринимаются неоднозначно, что сдерживает их широкое применение.

Наиболее существенной претензией к системам контроля является примитивность расчёта итоговой оценки. Чаще всего количество баллов за тестовый вопрос определяется отношением количества правильных ответов к количеству предлагаемых ответов, а общее количество баллов за тест вычисляется простым суммированием.

В то же время каждый вопрос имеет какой-то уровень сложности, может быть более или менее оригинальным. Нужно также учитывать практическую значимость вопроса, так как неправильный ответ на фундаментальный или практически важный вопрос должен снижать общую оценку квалификации будущего специалиста.

Задачей настоящей статьи является разработка более гибкой методики рейтингового оценивания, основанной на привлечении экспертов и использовании нечёткой логики при оценке качества вопросов.

### ОБОСНОВАНИЕ ШКАЛЫ ОЦЕНИВАНИЯ

Экспертная система вывода итоговой оценки знаний должна предоставлять на выходе итоговую оценку знаний в виде  $O = \{\text{"неудовлетворительно"}, \text{"удовлетворительно"}, \text{"хорошо"}, \text{"отлично"}\}$  или согласно шкале ECTS [2] (табл. 1).

Определим лингвистическую переменную  $O = \text{"ОЦЕНКА"}$ , которая в зависимости от вида шкалы может иметь несколько терм-множеств  $T1(O) = \{\text{"неудовлетворительно"}, \text{"удовлетворительно"}, \text{"хорошо"}, \text{"отлично"}\}$  или  $T2(O) = \{\text{"A"}, \text{"B"}, \text{"C"}, \text{"D"}\}$ . На рис. 1 приведен пример задания лингвистической переменной  $O = \text{"ОЦЕНКА"}$  для пятибалльной шкалы.

Таблица 1 – Соотношения между шкалами оценивания

Шкала оценивания ECTS	Определение	Статистическая характеристика	Национальная пятибалльная шкала оценивания	Рейтинговая балльная шкала оценивания
A	ОТЛИЧНО – отличное выполнение с незначительным количеством ошибок	10%	5 (отлично)	$0,9 < i < 1,0$
B	ХОРОШО – в общем правильная работа с определенным числом ошибок	55%	4 (хорошо)	$0,75 < i < 0,9$
C	УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – неплохо, но со значительным количеством ошибок	25%	3 (удовлетворительно)	$0,6 < i < 0,75$
D	НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – необходимо повторное прохождение курса	10%	2 (неудовлетворительно)	$i < 0,6$

Теперь следует определиться с видом функции принадлежности термов лингвистической переменной  $O = \text{«ОЦЕНКА»}$ . Возьмем функцию трапецеидального вида (рис. 1).

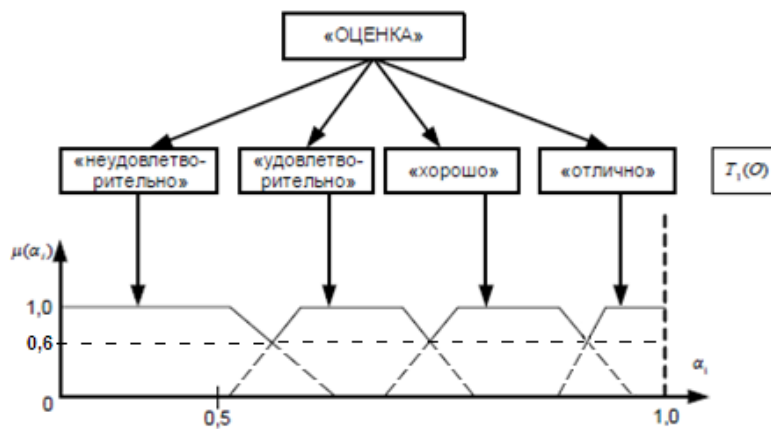


Рисунок 1 – График функции принадлежности термов  $O = \text{«ОЦЕНКА»}$

Рейтинговую балльную шкалу оценивания  $i$  будем отсчитывать по уровню  $\mu(i) = 0,6$ .

Определим, для каких значений термов лингвистической переменной  $O = \text{«ОЦЕНКА»}$  значения функции принадлежности лежат в диапазоне  $0,6 \dots 1,0$ .

Для этого следует использовать определения, которые приведены в табл. 1. К сожалению они плохо формализованы.

Воспользуемся следующими известными результатами [3].

В этой работе выделяют четыре уровня постижения материала учеником.

1-й уровень (ученический). Ученик применяет ранее усвоенные понятия с подсказкой.

2-й уровень (типовой). Способность воспроизводить информацию без подсказки для решения типовых задач. Например, после ознакомления с программой табуляции функции  $y = x^2$  студент может самостоятельно написать программу табуляции функции  $y = \sin(x)$ .

3-й уровень (эвристический). Характерен студентам, которые способны применять пройденный материал к решению аналогичных задач, преобразуя усвоенные алгоритмы. Например, решать задачи, являющиеся комбинациями типовых.

4-й уровень (творческий). Способность применять пройденный материал к решению новых задач. Например, на основе обобщения имеющихся знаний.

Сопоставим перечисленные уровни шкалы оценивания табл. 1 следующим образом:

– оценка *D* ("неудовлетворительно") выставляется студенту, который способен воспроизводить информацию с подсказкой для решения типовых задач;

– оценка *C* ("удовлетворительно") выставляется студенту, который способен воспроизводить информацию без подсказки для решения типовых задач;

– оценка *B* ("хорошо") выставляется студенту, который способен применять пройденный материал к решению аналогичных задач;

– оценка *A* ("отлично") выставляется студенту, который способен применять пройденный материал к решению новых задач.

Теперь очевидно, что для принятия решения о том, что студент достоин оценки *C*, он должен ответить правильно на 60% и более открытых вопросов. Другими словами, выбрать на 60% и более правильных ответов из предлагаемых. Оценка *B* выставляется студенту, который может ответить правильно на 60% и более открытых и закрытых вопросов. Иначе говоря, может не только воспроизводить полученные знания, но и способен их использовать. Оценка *A* выставляется студенту, который обладает умением решать новые задачи на основе обобщения пройденного материала. То есть, решать новые, не входящие в пройденный курс задачи. Как оценить такого обучаемого? Мы считаем, что здесь компьютерный тест не подходит. В этом случае необходим устный экзамен.

## РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЧЁТКИХ ПРЕДИКАТНЫХ ПРАВИЛ

Качество вопросов определяется многими факторами: актуальностью, сложностью, оригинальностью, практической значимостью, точностью формулировки. Наиболее важными из них с нашей точки зрения являются сложность *S* и практическая значимость *Z*.

Обе величины оцениваются по 10-балльной шкале. Баллы для *S* суммируются по следующим позициям: количество вариантов ответа, сложность самого вопроса, необходимость выполнения дополнительных расчетов при ответе, общий объём формулировок вопроса и вариантов ответа. Баллы для *Z* суммируются по следующим позициям: фундаментальность вопроса, применимость вопроса в практической деятельности, соответствие вопроса современной версии программного обеспечения, значимость принятия правильного решения по предложенному вопросу. Естественно, что максимальное количество баллов по каждой позиции определяется заранее и доводится до экспертов.

Для обеих лингвистических переменных *S* и *Z* будем использовать терм-множество {"низкая", "средняя", "высокая"}. Функции принадлежности для термов изображены на рис. 2а и 2б.

Различия в виде функций принадлежности объясняются более широким разбросом мнений экспертов при оценке сложности вопроса, так как эксперты часто работают по разным научным направлениям и имеют различную квалификацию.

В качестве выходной переменной возьмём  $k$  – коэффициент качества вопроса, который мы определим в диапазоне от единицы до двух. Количество баллов, набранное студентом за ответ на вопрос, будем умножать на численное значение коэффициента  $k$ . Таким образом, разные вопросы будут иметь разное максимально возможное количество набранных баллов. Естественно, что при выставлении общей оценки количество баллов, набранных студентом, должно соотноситься с общим максимально возможным количеством набранных баллов.

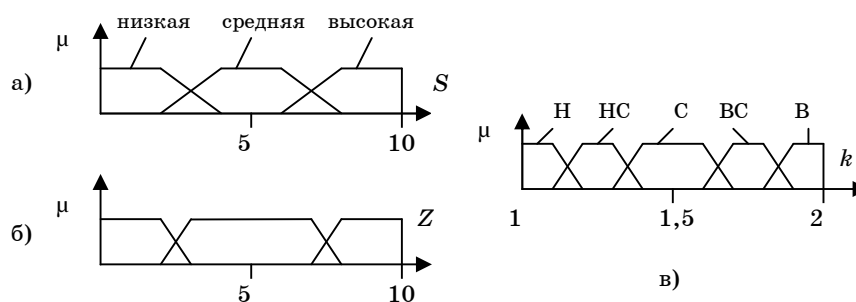


Рисунок 2 – Функции принадлежности: а) для  $S$ ; б) для  $Z$ ; в) для  $k$

Терм-множество для переменной  $k$  зададим в виде {"Н" – низкий, "НС" – ниже среднего, "С" – средний, "ВС" – выше среднего, "В" – высокий} (рис. 2в). Правила вывода запишем в форме Мамдани [4]:

- IF S is "низкая" and Z is "низкая" THEN k is "Н",*
- IF S is "низкая" and Z is "средняя" THEN k is "НС",*
- IF S is "низкая" and Z is "высокая" THEN k is "С",*
- IF S is "средняя" and Z is "низкая" THEN k is "НС",*
- IF S is "средняя" and Z is "средняя" THEN k is "С",*
- IF S is "средняя" and Z is "высокая" THEN k is "ВС",*
- IF S is "высокая" and Z is "низкая" THEN k is "С",*
- IF S is "высокая" and Z is "средняя" THEN k is "ВС",*
- IF S is "высокая" and Z is "высокая" THEN k is "В".*

Последующие этапы, в том числе аккумуляция и дефаззификация, не вызывают трудностей и могут быть выполнены, например, с помощью Fuzzy Logic Toolbox пакета Matlab.

### ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ДИСЦИПЛИН СПЕЦИАЛЬНОСТИ "ИНФОРМАТИКА"

Опишем процедуру оценки знаний (рис. 3).

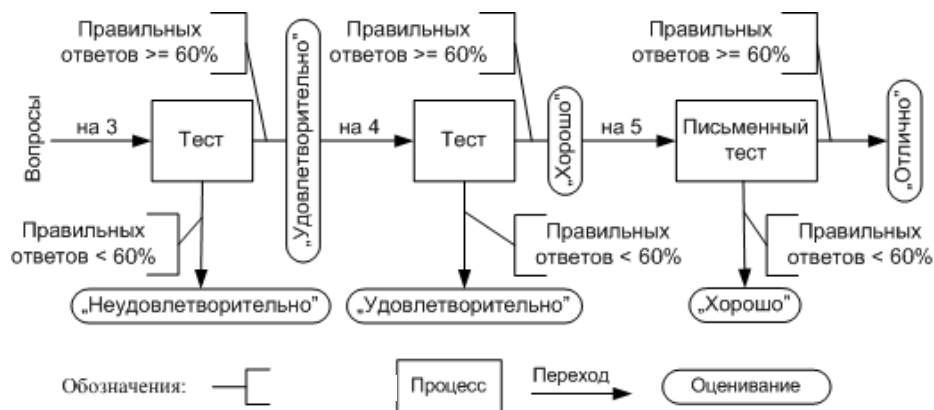


Рисунок 3 – Процедура оценки знаний

На первом этапе студент отвечает на открытые вопросы. Это могут быть базовые понятия курса. Например, определения. Студент должен выбрать из списка предлагаемых вариантов продолжения определения правильный вариант. Если студент выбирает 60% и более правильных ответов из предлагаемых, то его знания оцениваются как "удовлетворительные". Если тест не пройден, то знания оцениваются как "неудовлетворительные". Студент, сдавший тест на "удовлетворительно", может претендовать на повышение своей оценки на "хорошо".

Тест на "хорошо" состоит из открытых и закрытых вопросов. В этом тесте студент должен показать, что он может использовать полученные знания. Поэтому для построения тестов второго уровня используются следующие типы вопросов:

- упорядочивание последовательности случайным образом выстроенных команд некоторого фрагмента приложения;
- предсказание результата исполнения приведенного фрагмента приложения;
- построение блок-схемы приложения или процедуры из типичных наборов элементов.

И, окончательно, студент, сдавший тест на "хорошо", может получить "отлично". Для этого используется традиционная, письменная форма сдачи экзамена. Как показывает опыт, заданием на "отлично" может быть, например, фрагмент научной статьи с намеренно внесенными туда ошибками.

Открытым в этом случае остается вопрос о количестве вариантов ответов в каждом из вопросов на "удовлетворительно" и "хорошо". Их должно быть столько, чтобы студент не мог, выбирая наугад ответы, выбрать 60% и более правильных ответов.

Пусть полный набор состоит из  $m$  вопросов, а число вопросов в тесте равно  $n$ . Допустим, что  $n=10$  и что при равноценных вопросах теста позитивная оценка выставляется при шести и более правильных ответах, тогда в соответствии с теоремой Бернулли вероятность получения положительной оценки в серии из  $n$ -испытаний составит

$$P_n = \sum_{i=6}^n C_n^i p^i q^{n-i},$$

здесь  $i$  – количество "правильно угаданных" ответов, равное 6, 7, 8, 9 или 10. Пусть в каждом из вопросов четыре возможных ответа, причем только один из них правильный. Тогда вероятность угадывания правильного ответа в каждом вопросе  $p = 0,25$  и соответственно вероятность неугадывания  $q = 0,75$ .

После подстановки в формулу Бернулли получим:  
 $P_n = 20686 / (4^{10}) \approx 0,0197$ .

Таким образом, только двое студентов из ста имеют шанс, отвечая наугад, получить позитивную оценку. Другими словами, для оценки знаний с высокой достоверностью достаточно составить тест из десяти вопросов.

## ВЫВОДЫ

1. 1 Получили дальнейшее развитие логико-алгебраические методы и модели, которые являются математической основой обеспечения АРМ преподавателя. Эти методы основаны на разделах теории нечетких множеств и нечеткой логики и позволяют формализовать процесс оценки знаний преподавателем.

2. 2 Предложенный метод оценки качества вопросов при тестировании студентов, основанный на нечетких правилах вывода Мамдани и учитывающий сложность и практическую значимость каждого вопроса в отдельности, позволяет более эффективно оценивать качество подготовки будущих специалистов.

## SUMMARY

### APPLICATION OF FUZZY LOGIC ELEMENTS TO THE RATING SYSTEM OF KNOWLEDGES EVALUATION

*M.S. Babiy, O.P. Chekalov,  
Sumy State University, Sumy*

*Algorithm of knowledge evaluation with the use of fuzzy logic elements is designed. The quality of test questions is estimated depending on difficulty and practical value of these questions. Collection of fuzzy predicate rules in the form of Mamdani is offered for calculation of quality factor.*

**Key words:** *fuzzy logic, knowledge evaluation, rating system, Mamdani rules.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сетлак Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений / Г. Сетлак. – Киев: Изд-во Логос, 2004. – 252 с.
2. Положення про кредитно-модульну систему організації навчального процесу в Сумському державному університеті. – Режим доступу: [http://sumdu.edu.ua/images/stories/gen\\_info/structure/methodical/Pologenie\\_KMS\\_2010.pdf](http://sumdu.edu.ua/images/stories/gen_info/structure/methodical/Pologenie_KMS_2010.pdf)
3. Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии / В.П. Беспалько. – М.: Педагогика, 1989. – 192 с.
4. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. – Электронный ресурс: [http://matlab.exponenta.ru/fuzzy logic/book1/](http://matlab.exponenta.ru/fuzzy%20logic/book1/)

*Поступила в редакцию 5 октября 2011 г.*