

# ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

**С.Н. Дворяткина**

Кафедра математического анализа и элементарной математики  
Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина  
*ул. Коммунаров, 28, Елец, Россия, 399770*

**С.А. Розанова**

Кафедра высшей математики  
Московский государственный технический университет  
радиотехники, электроники и автоматики  
*проспект Вернадского, 78, Москва, Россия, 119454*

Данная статья посвящена актуальной проблеме проектирования информационных систем автоматизированного контроля математических знаний обучающихся с использованием нечеткой логики, в которых учтены недостатки современных систем оценивания и контроля. К ним относятся: ограниченное количество форм представления ответов и двухбалльная система оценки, негибкость процедур расчета итоговой оценки, отсутствие учета оценки глубины и широты знаний, адаптации процедуры оценивания к индивидуальным характеристикам обучаемых.

**Ключевые слова:** информационная система педагогического контроля и оценивания знаний, модель нечеткого оценивания знаний, нечеткая логика.

В условиях модернизации российского математического образования задача повышения эффективности использования ИКТ-среды в учебном процессе представляется весьма актуальной и выделяется в качестве одного из приоритетов. С вопросами использования ИКТ в учебном процессе традиционно тесно связаны технологии и средства измерения, контроля и оценки результатов обучения. Контроль результатов обучения необходим при любой системе обучения и организации учебного процесса.

Педагогический контроль знаний представляет собой одну из важнейших стадий цикла функционирования системы обучения, поскольку посредством конт-

роля осуществляется обратная связь между объектом и субъектом обучения. Способ взаимодействия обучаемого и преподавателя — это не только передача суммы знаний, но и создание нелинейных ситуаций с организацией быстрых прямых и обратных связей, в ходе чего достигается требуемый результат. При этом проблема управляемого формирования и развития личности принимает форму проблемы самоорганизации в контексте контролируемости и прогнозируемости поведения моделируемой системы оценки знаний. Одной из наиболее эффективных и перспективных форм педагогического контроля в настоящее время является тестирование знаний, умений и навыков.

Под *педагогическим тестированием* в методике преподавания понимается измерение или оценивание знаний, умений, навыков, состоящее в последовательном предъявлении обучаемому конечного множества контрольных (тестовых) заданий по изучаемой дисциплине и вариантов ответов на эти задания, в количественном учете степени правильности ответов, выбранных обучаемым в качестве истинных, и в выводе итоговой оценки, опирающейся на статистически обоснованные шкалы и нормы [1; 2].

*Компьютерное тестирование* является одним из наиболее разработанных и широко используемых автоматизированных средств проверки знаний. В настоящее время существует большое количество систем контроля знаний, выполненных в виде отдельных программных продуктов или встроенных в автоматизированные обучающие системы. Сегодня в науке и практике преподавания достаточно широко освещены вопросы квалиметрии (С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич, Б.И. Канаев, Б.Я. Лихтциндер и др.), целенаправленно разрабатываются средства, алгоритмы и методики тестирования знаний (В.С. Аванесов, А. Анастаси, Дж. Гласс, Н. Грунлунд, П. Клайн, А.Н. Майоров, Е.А. Михайлычев, Дж. Равен, Дж. Стэнли, В.А. Хлебников, А.Г. Шмелев и др.), активно ведется использование ИКТ-среды в учебном процессе (А.Н. Афанасьев, С.П. Грушевский, П.П. Дьячук, Я.А. Ваграменко О.В. Зими́на, О.А. Козлов, И.В. Роберт, И.Д. Рудинский, Т.Ф. Сергеева, Е.В. Смирнова и др.).

Большинство существующих автоматизированных систем контроля знаний имеет ограниченное количество форм представления ответов и двухбалльную систему оценки. Это обусловлено простотой анализа выборочных ответов и отсутствием формальных методов анализа и дифференцированной системой оценки ответов обучаемых на контрольные вопросы. В связи с этим к системе автоматизированного контроля знаний учащихся предъявляются особые требования, учитывающие неполноту или неточность ответов обучаемого. Необходимы новые подходы к представлению и обработке знаний, существенно отличающиеся от применявшихся при создании систем автоматизированного тестирования во второй половине XX в. Предложенный нами подход не отрицает, а дополняет традиционный, поскольку по современным представлениям классическая логика считается частным случаем нечеткой логики.

В предыдущих работах [3; 4] мы рассматривали интеллектуальную технологию обучения математике на основе ИКТ, посредством которой нами было реали-

зовано динамически корректируемое самообучение и саморазвитие студентов, обеспечено интерактивное управление учебно-познавательной деятельностью с регулируемой частотой дискретизации учебного процесса через организацию оперативного контроля, установлены фрактально представленные содержательные связи математики с другими дисциплинами, повышена обоснованность и эффективность процедур тестирования знаний.

В авторской адаптивной обучающей системе (АОС) по математике были устранены недостатки действующих в настоящее время обучающих систем. Эта система учитывает варьирующиеся персональные характеристики студентов, выстраивает индивидуальные траектории и ориентирует на различные профили обучения с гибкой структурой алгоритмов действий и реакций. Компонентная архитектура АОС представлена блоками контроля доступа студентов, интерфейса с Internet, интерфейса с администраторами, графической визуализации успешности деятельности пользователей, диагностического материала, учебно-информационного материала, Artificial intelligence, накопительным банком по пользователям и интерактивным информационно-инструктивным блоком.

**Блок учебно-информационного материала** содержит расширяемый банк учебно-познавательных и исследовательских задач по математике, представленный в виде классификационной матрицы, в которой по горизонтали выделены уровни, отражающие степень проблемности задач и устанавливающие реализацию диалога естественно-научной и гуманитарной культур в процессе обучения математике. По вертикали выделяются уровни усвоения учебного материала, задающие степень сложности задач и коррелирующие с уровнем развития вероятностного стиля мышления студентов согласно разработанной модели [5]. Применена фрактальная модель структурирования знаний, использующая свойства иерархичности, сохранения инварианта и стратификации. Последовательность формирования слоев воспроизводит процесс градиционного развития вероятностного стиля мышления студентов. Выполнение большинства заданий всех уровней по вертикали и горизонтали позволяет получить максимальную степень заполнения объема и глубину детализации без взаимопроникновения, однако при определенных внешних воздействиях преподавателя возможно формирование единой мультифрактальной информационной структуры на любом уровне с сохранением вышеупомянутых достоинств.

**Блок диагностического материала** содержит контрольные задания для определения исходного уровня усвоения учебного материала, рубежные и итоговые контрольные тесты, а также задания по каждому модулю. Обучение в каждом модуле начинается с предъявления первого базового задания (модульный уровень). Его успешное выполнение приводит к переходу к заданию следующего проблемного уровня — предметного, в случае неудачи студент получает дополнительные задания из данного раздела. Таким образом, обеспечивается индивидуальная образовательная траектория каждого студента по предлагаемому учебному материалу. Информация о результатах и параметрах выполнения заданий автоматически заносится в накопительный банк информации по пользователям.

С учетом подобного представления рассмотренных блоков АОС диагностирование с использованием только дихотомической шкалы, оперирующей двоичными категориями «правильно-неправильно», не представляется возможным. Эффективность автоматизации педагогического контроля знаний по математике обеспечивается использованием нами моделей нечеткого оценивания. Тестовый контроль автоматически перестраивается от заданий истинности предлагаемых вариантов ответов в категориях двоичной логики к универсальной схеме оценивания ответов функциями принадлежности, определяемыми в категориях нечеткой логики. АОС включает возможность создания инструментария для построения, настройки и модификации различных шкал итогового оценивания знаний.

Для усложненных заданий всех уровней, требующих поиска недостающих данных, устанавливается и учитывается вероятность правильного ответа. Использование алгоритмов адаптивного тестирования предполагает также включение в банк заданий по математике с произвольными открытыми ответами и позволяет производить оценку их истинности. Эта операция производится с применением модели нечеткого оценивания, посредством корреляции с базой правильных ответов.

Процедура задания степени истинности ответов на каждое тестовое задание  $v_j \in V$  определяется соответствием

$$(M_3, v_i, l) \rightarrow A_j = \{(u_{ij}, \mu_{ij})\},$$

где  $M_3$  — эталонная модель знаний;  $l$  — лингвистическая переменная, базовое множество значений которой представляет собой применяемую лингвистическую шкалу оценивания истинности ответов;  $A_j = \{(u_{ij}, \mu_{ij})\}$  — нечеткое множество вариантов возможных ответов,  $u_{ij}$  —  $i$ -тый вариант ответа на  $j$ -тое задание,  $\mu_{ij}$  — функция принадлежности, задающая степень истинности ответа  $u_{ij}$ .

Шкала оценивания истинности ответов задается лингвистической переменной  $l$ . Допустимыми значениями лингвистической переменной является термножество

$$T = [l_1, l_2, \dots, l_k],$$

где  $k$  — количество значений, а  $l_1, l_2, \dots, l_k$  — значения, используемые в качестве оценочных категорий при построении функций принадлежности.

Для вывода итоговой оценки формируется эталонная шкала итоговых оценок в виде нечеткого множества:

$$\{(s_k; \mu_k(s))\},$$

где  $s_k$  —  $k$ -е значение оценки,  $\mu_k$  — эталонная функция принадлежности.

*Пример.* Студент произвольно выбирает точку на глобусе. Какова вероятность, что он попадет: а) в самую густонаселенную страну; б) в страну с преобладающим количеством темнокожего населения; в) в страну с наименьшим приростом населения?

Данная задача не содержит никаких количественных данных по площади самой густонаселенной страны, страны с преобладающим количеством темнокожего населения, наименьшим приростом населения, а также площади поверхности земного шара. Поэтому студенту не только необходимы знания по географии, но и предстоит свободный поиск дополнительной информации. Однако даже при верном выборе расчетной формулы, правильном определении географических объектов, использовании различных информационных источников могут быть получены ответы с определенной степенью погрешности вычисления. В этом случае используется предложенная модель контроля знаний с использованием нечеткой логики.

Нами используются наиболее распространенные энциклопедические данные, что позволяет определить среднее значение искомой геометрической вероятности, стандартное отклонение, которые выступают в качестве оценочных категорий при построении типовых функций принадлежности нечетких множеств.

Для задания степени истинности вариантов ответов используется лингвистическая переменная «оценка истинности ответа», заданная на универсальном множестве  $U = [0; 1]$  — искомые значения геометрической вероятности и имеющая  $k = 5$  значений терм-множества («очень точно», «точно», «близко к точному», «не совсем точно», «неточно»).

При решении рассмотренной выше задачи (случай а) в качестве географического объекта, отвечающего значению лингвистической переменной «точно», используется Китай, для «близко к точному» — Индия. Площадь самой густонаселенной страны находится в пределах от 559 960 до 560 000 км<sup>2</sup> для Китая и от 3 165 596 до 3 287 882 км<sup>2</sup> для Индии, общая площадь поверхности Земли, согласно различным источникам, составляет в среднем 510 065 600—510 800 000 км<sup>2</sup>.

При построении функций принадлежности  $\mu_{\text{точно}}(u)$  и  $\mu_{\text{близко к точному}}(u)$  воспользовались обобщенной колокообразной функцией принадлежности, задаваемой равенством

$$\mu(u) = \frac{1}{1 + \left| \frac{u - \bar{u}}{a} \right|^{2b}},$$

где  $a < b < \bar{u}$ .

Остальные функции были построены с использованием операции концентрации (concentration), которая соответствует усиливающему терму «очень», и операции растяжения (dilation) — «не совсем точно».

Например, если студентом была получена вероятность 0,3, то в соответствии с данными функциями принадлежности имеем:  $\mu_{\text{очень точно}}(0,3) = 0$ ;  $\mu_{\text{точно}}(0,3) = 0$ ;  $\mu_{\text{близко к точному}}(0,3) = 0,127$ ;  $\mu_{\text{не совсем точно}}(0,3) = 0,357$ ;  $\mu_{\text{неточно}}(0,3) = 0,597$ . Наибольшую степень соответствия имеет множество «неточно», следовательно, ответ оценивается как неверный с полученной оценкой «F-неудовлетворительно».

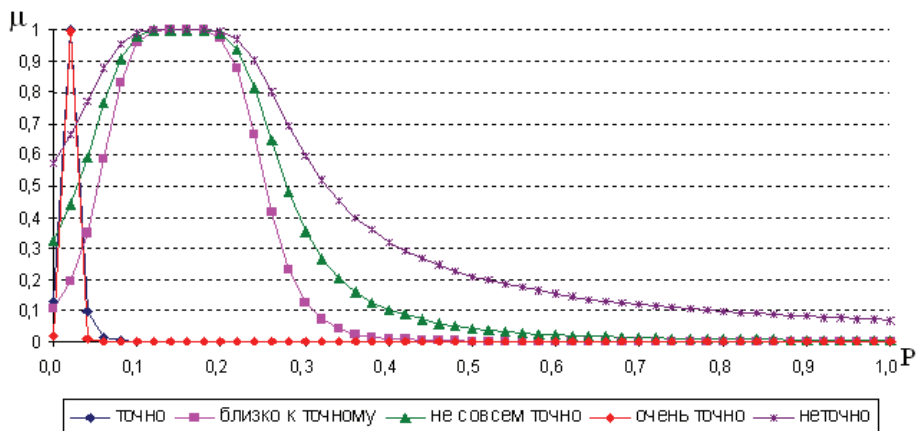


Рис. Графическое представление лингвистической переменной «оценка истинности ответа» (случай а)

Модель нечеткого оценивания знаний позволяет применять многозначную шкалу истинности, что выводит нечеткую логику на уровень универсального базиса автоматизации педагогического тестирования знаний.

Вероятностное определение истинности ответов на тестовые задания с высокой степенью сложности и проблемности позволяет преодолеть субъективность процесса оценивания и повысить объективность контроля знаний по математике с использованием ИКТ, а также эффективность автоматизированного самообучения и самоконтроля студентов, что, в свою очередь, приводит к повышению эффективности учебного процесса и формированию математической культуры студентов [6].

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Толковый словарь терминов понятийного аппарата информатизации образования / Составители И.В. Роберт, Т.А. Лавина. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
- [2] Педагогический энциклопедический словарь. — М.: Большая Российская энциклопедия, 2002.
- [3] Дворяткина С.Н. Проектирование адаптивной компьютеризированной обучающей системы задач по вероятностно-статистическим разделам математики // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования». — 2013. — № 1. — С. 97—104.
- [4] Дворяткина С.Н. Проектирование обучающей интерактивной системы задач по теории вероятностей и статистике для студентов инженерных и гуманитарных специальностей // Педагогическая информатика. — 2012. — № 2. — С. 61—70.
- [5] Дворяткина С.Н. Развитие вероятностного стиля мышления в процессе обучения математике: теория и практика: монография. — М.: ИНФРА-М, 2013.
- [6] Розанова С.А. Математическая культура студентов технических университетов. Монография — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.

## LITERATURA

- [1] Dictionary of the conceptual apparatus of informatization of education / compilers I.V. Robert, T.A. Lavina. — M.: BINOM. Knowledge Laboratory, 2012.

- [2] Pedagogical encyclopedic dictionary / Ch. ed. BM Bim-Bad; red. kol.: M.M. Bezrukih, V.A. Bolotov, L.S. Glebova. — М.: Great Russian Encyclopedia, 2002.
- [3] *Dvoryatkina S.N.* Designing adaptive computerized training system tasks probabilistic-statistical areas of mathematics // Bulletin of the Russian Peoples' Friendship University. Series "Informatization of Education". — 2013. — № 1. — P. 97—104.
- [4] *Dvoryatkina S.N.* Designing interactive learning system problems in the theory of probability and statistics for students of engineering and humanities // Educational Informatics. — 2012. — № 2. — P. 61—70.
- [5] *Dvoryatkina S.N.* Development of probabilistic thinking style in learning mathematics: Theory and Practice: Monograph. — Moscow: INFRA-M, 2013.
- [6] *Rožanova S.A.* Mathematical culture of students of technical universities. Monograph. — М.: FIZMATLIT, 2003.

## **INNOVATIVE TEACHING TOOLS AUTOMATIC CONTROL AND EVALUATION OF TRAINEES'S MATHEMATICAL KNOWLEDGE USING FUZZY LOGIC**

**S.N. Dvoryatkina**

Chair of the mathematical analysis and elementary mathematics  
Yelets State University after I.A. Bunin  
*Str. Communards, 28, Yelets, Russia, 399770*

**S.A. Rožanova**

Chair of the higher mathematics  
Moscow State Technical University of Radio Engineering,  
Electronics and Automation  
*Vernadsky Prospekt, 78, Moscow, Russia, 119454*

This article focuses on the actual problem of designing information systems of automated control of mathematical knowledge of students using fuzzy logic, which take into account the shortcomings of modern systems of evaluation and control. These include a limited number of forms of response and two-point scoring system, inflexible procedures calculating the final assessment, the lack of consideration of estimating the depth and breadth of knowledge, adaptation of the estimation procedure to the individual characteristics of the students.

**Key words:** information system monitoring and evaluation of pedagogical knowledge, knowledge evaluation model of fuzzy, fuzzy logic.