

УДК 004.8:378.14
doi:10.18720/SPBPU/2/id23-487

*Беспалова Амина Руслановна*¹,
студент магистратуры;
*Левин Илья Сергеевич*²,
доцент, канд. техн. наук

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УЧАЩЕГОСЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

^{1,2} Россия, Самара, ФГБОУ ВО «Самарский государственный
технический университет»,

¹ amina.bespalova.2000@gmail.com, ² levin.is@samgtu.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросам разработки модели знаний учащегося в интеллектуальных обучающих системах. Цель исследования состояла в поиске и реализации метода, позволяющего работать с качественными оценками знаний обучающихся. На начальном этапе была разработана функциональная модель интеллектуальной системы обучения и выбрана наиболее значимая функция для дальнейшего рассмотрения. Выбрана модель нечеткого представления знаний, приведено её описание. Разработана система адаптивного тестирования, позволяющая уточнить оценку знаний учащегося. Проведена апробация этой системы и приведены ее результаты.

Ключевые слова: образовательный процесс, интеллектуальная обучающая система, нечеткая логика, адаптивный контроль знаний, функциональная модель IDEF0, модель знаний обучаемого, нечеткая модель знаний.

*Amina R. Bespalova*¹,

Master's Student;

*Ilya S. Levin*²,

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

A LEARNER'S KNOWLEDGE MODEL DEVELOPING IN AN INTELLIGENT LEARNING SYSTEM

^{1,2} Samara State Technical University, Samara, Russia,

¹ amina.bespalova.2000@gmail.com, ² levin.is@samgtu.ru

Abstract. The article is devoted to the development of a learner's knowledge model in intelligent learning systems. The purpose of the study was to find and implement a method that allows working with qualitative assessments of learners' knowledge. The first step was to develop a functional model of the intellectual learning system and to select the most significant function for further consideration. The model of fuzzy knowledge representation is chosen and the description is given. A system of adaptive testing has been developed to clarify the assessment of a learner's knowledge. This system has been tested and the results are presented.

Keywords: educational process, intelligent learning system, fuzzy logic, adaptive knowledge control, functional model IDEF0, learner's knowledge model, fuzzy knowledge model.

В настоящее время формируется новый принцип построения обучающих систем, в которых процесс обучения рассматривается как процесс управления знаниями обучаемого. Наиболее перспективными с точки зрения поддержки процесса обучения являются интеллектуальные обучающие системы, формирующие индивидуальные модели знаний обучающихся и позволяющие повысить общий уровень знаний студента и отслеживать прогресс в освоении ключевых знаний, что может быть использовано для своевременного обнаружения возникающих в связи с этим проблем. Подобные системы, в частности, могут быть внедрены в вузах.

А.В. Пелюшенко [3] выделяет две основные функции интеллектуальных обучающих систем: построение последовательности курса обучения и поддержку в решении задач. Под построением последовательности курса обучения понимается нахождение оптимального пути обучения с помощью блоков знаний и набором учебных заданий. А поддержка в решении задач реализуется через интеллектуальный анализ решений студента, интерактивную поддержку в решении задач или поддержку в решении задач на примерах.

Под моделью обучающегося будем понимать знания об обучаемом, используемые для организации процесса обучения [1]. Для того, чтобы реализовать модель обучающегося в интеллектуальной обучающей системе, можно выделить следующие функции модели: накопление данных

о студенте, отбор данных для анализа и адаптации, повышение и оценка уровня знаний обучаемого. Основываясь на перечисленных функциях, модель обучающегося должна включать в себя следующую информацию: цель обучения, область знаний обучающегося, особенности изложения учебных материалов, правила изменения модели обучающегося после каждого взаимодействия с системой.

На сегодняшний день существует большое количество моделей, позволяющих представлять область знаний обучающегося в интеллектуальной обучающей системе. В [5] перечислены основные из них. Часто знания представляются в виде модели, построенной на основе теории нечетких множеств или нечеткой логики, так как часть критериев обучаемости невозможно строго измерить и во многом зависит от экспертных оценок. По этой причине в предлагаемой работе модель знаний будет строиться с применением аппарата нечеткой логики, а уровень знаний учащегося будет определяться с помощью тестирования по основным дисциплинам курса обучения.

В целях выделения основных функциональных элементов и связей между ними система тестирования с адаптивным контролем знаний была представлена в форме функциональной модели процесса в нотации IDEF0, представленной на рисунке 1.

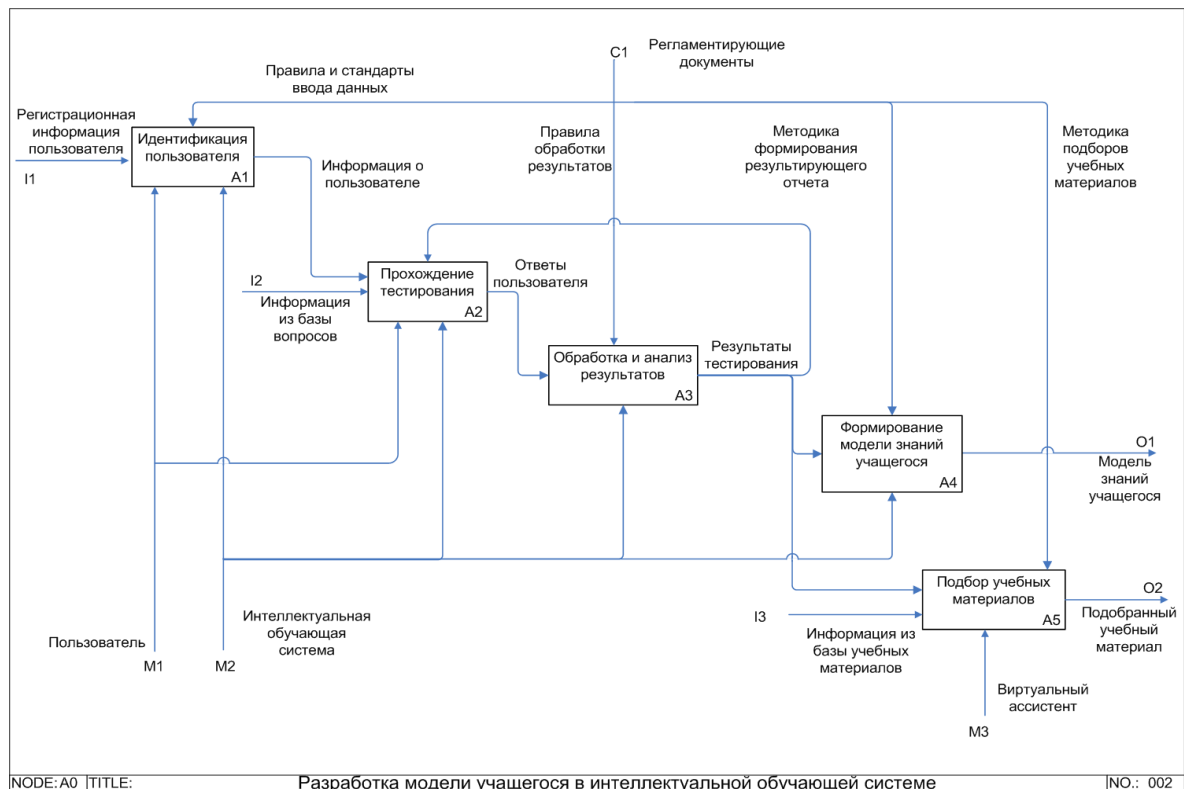


Рис.1. Контекстная диаграмма «Разработка модели учащегося в интеллектуальной обучающей системе»

Согласно этой модели, одной из центральных функций для формирования модели знаний учащегося является тестирование. Процесс тестирования проводится по всем разделам дисциплины из базы данных вопросов, при этом, в зависимости от ответов пользователя, обучаемому задаются дополнительные вопросы для уточнения оценки его знаний по каждому из разделов. В пример приведена реализация тестирования по дисциплине «Информатика».

Для того, чтобы спроектировать нечеткую модель знаний обучающегося, была реализована модель нечеткого вывода. Этап дефаззификации пропущен, так как результаты теста проще воспринимать в виде нечетких выводов.

Модель знаний учащегося определяет уровень знаний по изучаемому курсу или по конкретной дисциплине. Знания учащегося можно представить как модель предметной области. Как пишут в своей статье Д.И. Попов и О.Ю. Лазарева [4]: «Причем степень освоения каждой из единиц знания может быть оценена булевым значением (то есть «знает» или «не знает»), процентным значением («на сколько знает») или вероятностным коэффициентом («какова вероятность, что знает»).

Для того, чтобы построить модель знаний учащегося, которая будет оценивать компетенции обучающихся, в качестве минимальной структурной единицы учебного материала можно принять дидактическую единицу (ДЕ) — логически самостоятельную часть учебного материала [2]. В приводимом примере в качестве ДЕ используются разделы дисциплины «Информатика».

В качестве входов используются доли правильных ответов по разделам дисциплины, далее выполняется этап фаззификации, где численным значениям на входе ставятся в соответствие значения функций принадлежности выделенных лингвистических терм — «Не освоен» и «Освоен» и делается вывод на основе приведенных правил. Агрегирование и активизация производится с помощью функции минимума.

Для расчета входных элементов используется формула (1), которая вычисляет долю правильных ответов по темам:

$$\frac{\sum_{i=1}^N q_i}{N}, \quad (1)$$

где i — номер задания, N — общее количество заданий в ДЕ, q_i — результат выполнения i задания (1, если задание выполнено правильно, 0, если задание не выполнено или выполнено неправильно).

Функция принадлежности после этапа фаззификации $\mu: X \rightarrow [0, 1]$, где значение 0 означает, что элемент не включен в нечеткое множество,

а значение 1 описывает полностью включенный элемент. Функция принадлежности будет принимать трапецевидную форму, описанную уравнением, приведенной в формуле (2):

$$\mu(x; a, b, c, d) = \max(\min(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}), 0). \quad (2)$$

Применительно к разработанной системе адаптивного тестирования, функции принадлежности можно описать формулами (3) и (4):

$$\mu_1(x; 0, 0, 0.4, 0.8) = \max(\min(1, \frac{0.8-x}{0.4}), 0), \quad (3)$$

$$\mu_2(x; 0.4, 0.8, 1, 1) = \max(\min(\frac{x-0.4}{0.4}, 1), 0), \quad (4)$$

где μ_1 — «Не освоен», μ_2 — «Освоен».

Модель нечеткого вывода представлена на рисунке 2.

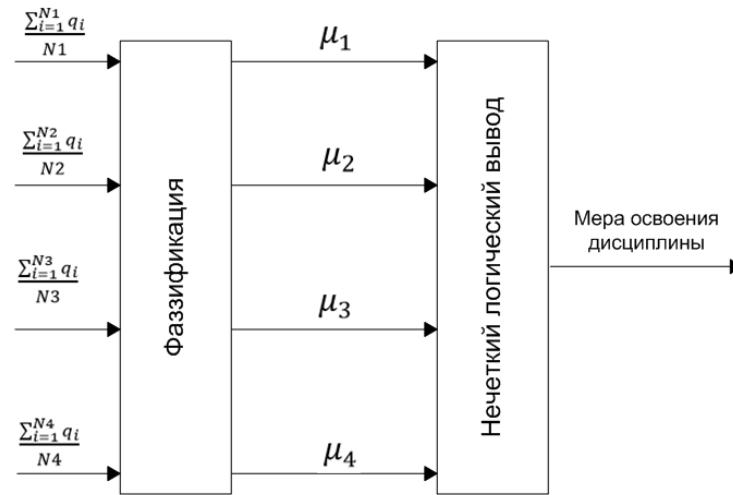


Рис. 2. Модель нечеткого вывода меры освоения дисциплины

Графическое представление терм представлено на рисунке 3.

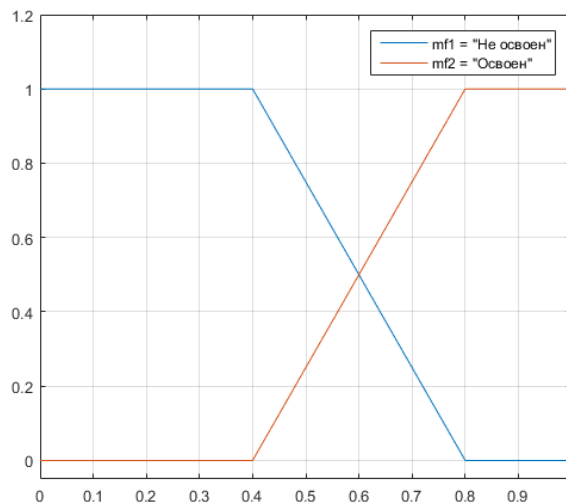


Рис. 3. Графическое представление терм для входов

Для проведения операции нечеткого логического вывода после фазификации используется база правил, которая составляется в виде «если – то», и содержит функции принадлежности соответствующих лингвистических переменных.

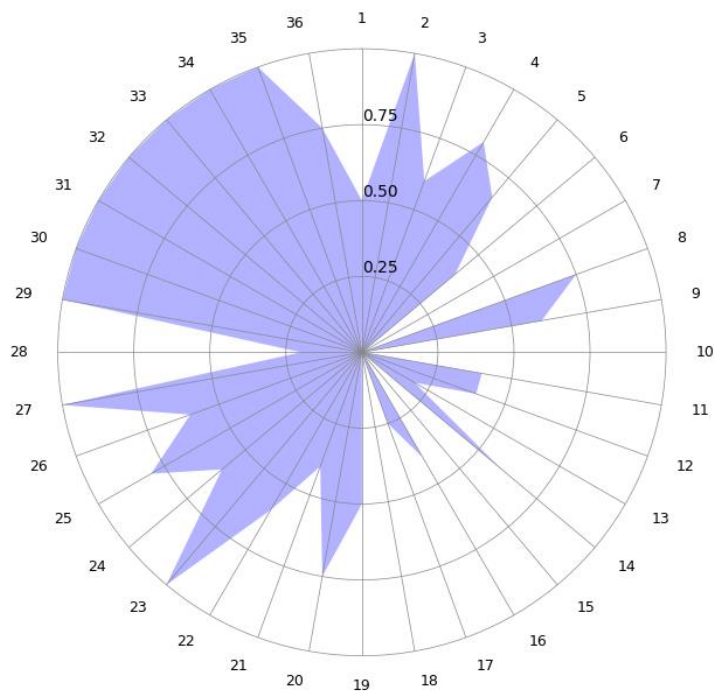
Входными переменными будут служить меры освоения главных разделов (in_1, in_2, in_3, in_4). Выходной переменной будет являться мера освоения дисциплины (out). Лингвистические переменные: «не освоен» (mf_1) и «освоен» (mf_2). Таблицу истинности для базы правил можно свернуть до следующего набора продукционных правил:

- 1) ЕСЛИ $\max(in_1, in_2)$ is mf_1 ТО out is mf_1 ;
- 2) ЕСЛИ $\min(in_1, in_2)$ is mf_2 ТО out is mf_2 ;
- 3) ЕСЛИ $\max(in_2, in_3)$ is mf_1 ТО out is mf_1 ;
- 4) ЕСЛИ $\min(in_2, in_3)$ is mf_2 ТО out is mf_2 ;
- 5) ЕСЛИ $\max(in_2, in_4)$ is mf_1 ТО out is mf_1 ;
- 6) ЕСЛИ $\min(in_2, in_4)$ is mf_2 ТО out is mf_2 ;
- 7) ЕСЛИ $\min(in_1, in_3)$ is mf_2 И $\max(in_2, in_4)$ is mf_1 ТО out is mf_1 ;
- 8) ЕСЛИ $\min(in_1, in_3, in_4)$ is mf_2 И in_2 is mf_1 ТО out is mf_2 .

По результатам тестирования пользователю выводится радиальная диаграмма, показывающая его оценку знаний по выбранной дисциплине, а также нечеткий вывод об освоении дисциплины. Результаты сохраняются в системе. Комбинация результатов прохождения тестов по разным дисциплинам и будет представлять собой модель знаний обучающегося.

Была произведена апробация системы тестирования. Результат тестирования выводится в форме радиальной диаграммы, вершинами которой являются основные дидактические единицы выбранной дисциплины. Точки данных отображают меру освоения определенной дидактической единицы, на оси отмечены процентные соотношения, а многоугольник составляет меру освоения выбранной дисциплины. В качестве примера на рисунке 4 показан результат студента 4 года обучения со средней успеваемостью, время прохождения тестирования составляет 1:16:45, правильно отвечено 67 из 122 вопросов, вывод системы об освоении дисциплины: «Освоена».

На момент проведения исследования были получены результаты тестирования четырех студентов, которые уже сдавали экзамен и зачет по дисциплине «Информатика», произведена оценка остаточных знаний у студентов. Так, больше всего знаний у студентов осталось по разделам, отвечающим за технические средства информатики (разделы 27 – 36). Достаточный уровень освоения наблюдается по разделам об алгоритмических средствах информатики (разделы 23 – 26) и по разделам, связанных с базовыми понятиями информатики (разделы 1 – 5). И у трех из четверых студентов наблюдается низкий уровень освоения разделов по математическим основам информатики (разделы 6 – 22).



Результаты первого студента

Разделы информатики

- | | |
|--|--|
| 1. История развития информатики | 19. Алгебра логики |
| 2. Общее представление об информации | 20. Логические операции |
| 3. Классификация информации | 21. Свойства логических операций |
| 4. Базовые понятия информатики | 22. Побитовые операции над целыми числами |
| 5. Сообщение и информация | 23. Алгоритм |
| 6. Представление числовой информации в ЭВМ | 24. Свойства алгоритма |
| 7. Системы счисления | 25. Типовые алгоритмы, их схемы |
| 8. Математические основы информатики | 26. Цикл с определенным числом шагов, цикл с неопределенным числом шагов |
| 9. Энтропия, неопределенность | 27. Трансформаторные и импульсные источники питания |
| 10. Количество информации | 28. Материнская плата |
| 11. Условная энтропия | 29. Компьютерная память |
| 12. Представление в ЭВМ целых чисел со знаком и без | 30. Оптические диски |
| 13. Прямой, обратный и дополнительный код | 31. Жесткие диски |
| 14. Представление в ЭВМ рациональных чисел | 32. Графическая плата |
| 15. Нормализованные числа | 33. Монитор |
| 16. Арифметические операции в ЭВМ над целыми числами | 34. Принтеры |
| 17. Суммирование целых чисел | 35. Сканеры |
| 18. Представление в ЭВМ вещественных чисел | 36. Технические средства информатики |

Рис. 4. Радиальная диаграмма освоения студентом дисциплины «Информатика»

Выявлена зависимость между временем тестирования и мерой освоения дисциплины: чем больше обучающийся проводит времени за размышлениями над вопросом, тем выше доля правильных ответов, и наоборот.

В рамках дальнейшего развития представленной системы ведутся работы по наращиванию базы данных результатов тестирования со сбором обратной связи для усовершенствования системы тестирования и уточнения моделей знаний учащихся, формирование ключевого набора дисциплин и тестов по ним в рамках направления подготовки бакалавров «Системный анализ и управление», а также введения критериев обучаемости для учета персональных способностей учащегося.

Список литературы

1. Астанин С.В. Сопровождение процесса обучения на основе нечеткого моделирования // Открытое образование. – 2000. – № 5.
2. Лазарева О.Ю. Когнитивная карта предметной области в интеллектуальной обучающей системе // Научнообразовательная информационная среда XXI века: материалы VIII Международной науч.-практич. конф. (15-18 сентября 2014 года). – Петрозаводск, 2014. – С. 134–137.
3. Пелюшенко А.В. Обучающие среды и интеллектуальные обучающие системы: возможности использования в образовательном процессе // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Новые образовательные системы и технологии обучения в вузе. – 2006. – № 8. – С. 48–50.
4. Попов Д.И., Лазарева О.Ю. Нечеткая оверлейная модель учащегося в интеллектуальной обучающей системе // Научный вестник МГТУ ГА. – 2015. – № 213 (3) – С. 141–148.
5. Спицын В.Г., Цой Ю.Р. Представление знаний в информационных системах: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. –146 с.