

УДК 321.3

В.В. Бова

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ
ОБЪЕКТОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ***

Работа посвящена рассмотрению проблем представления предметных знаний и процедур их построения на основе динамических моделей представления сложных объектов в интеллектуальных обучающих системах. Предлагаются способы организации динамической модели управления обучением, поддерживающей совокупность эвристических моделей обучаемого, обучения, объяснения, эталонного представления предметных знаний в интеллектуальных обучающих системах.

Интеллектуальная обучающая система; база знаний; система поддержки принятия решений, адаптивная модель обучения.

V.V. Bova

**REPRESENTATION OF THE DYNAMIC MODELS OF COMPLEX OBJECTS
IN INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS**

Problem is considered in article about representation of subject knowledge and procedures for constructing them based on dynamic models to represent complex objects in intelligent tutoring systems. Offered ways of organizing dynamic model of learning management, supporting a set of heuristic models of learner, learning, explanations, reference presentation of subject knowledge in intelligent tutoring systems.

Intelligent tutoring system; knowledge base; system of solution support; adaptive learning model.

Введение. Важнейшими особенностями современных компьютерных технологий обучения являются процессы *индивидуализации* и *интеллектуализации* традиционных обучающих систем, программ и технологий. Для поддержки эффективности обучения в интеллектуальных обучающих системах (ИОС) необходимы знания о предмете обучения, о стратегиях и методах обучения, знания об обучаемом, которые выделяются эксплицитно и реализуются с помощью различных методов и технологий искусственного интеллекта (ИИ), в частности, экспертных систем (ЭС).

Основными преимуществами создания и применения ЭС являются упрощение процедуры принятия решений пользователями в трудноформализуемых (ТФ) предметных областях, улучшение качества и повышение эффективности принимаемых решений на основе знаний экспертов в некоторой предметной области, в области диагностики и управления обучением. Такие системы содержат в базе знаний модели, отражающие основные закономерности исследуемой системы, с априорно формализованной структурой [1]. Однако специфика решения ТФ-задач требует, чтобы проектируемая компьютерная система базировалась не на моделях заранее заданной жесткой структуры, а на моделях с настраиваемой структурой. Это делает систему гибкой, достаточно универсальной, и, кроме того, оставляет за пользователем свободу участия в процедуре синтеза моделей в соответствии с собственной логикой рассуждений, в которой отражаются его накопленный опыт, интуиция, предпочтения [1].

В статье обосновывается необходимость создания особого подхода формализации предметных знаний и адаптивного представления динамической модели

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 09-07-00318), г/б № 2.1.2.1652.

управления обучением в ИОС, поддерживающей совокупность эвристических моделей обучаемого, обучения, объяснения эталонного представления предметных знаний.

1. Предметная модель обучаемого. Рассматривая проблему разработки компьютерных систем обучения в целом, нельзя не упомянуть о следующей важной особенности, отмеченной В.Л. Стефанюком [2] – это выделение двух основных процессов: обучение как *learning* и обучение как *tutoring* (рис. 1). Направление *learning* (обучающиеся системы) – это самообучение, адаптация, самоорганизация и т.д., поэтому при разработке обучающихся систем исследуются модели, демонстрирующие способности адаптации к окружающей среде путем накопления информации. Направление *tutoring* (обучающие системы) тесным образом связано с вопросами *моделирования обучаемого*. В самом широком смысле под *моделью обучаемого* понимают знания об обучаемом, используемые для организации процесса обучения. Это множество точно представленных фактов об обучаемом, которые описывают различные стороны его состояния: знания, личностные характеристики, профессиональные качества и др. Существуют три точки зрения, с которых можно рассматривать моделирование обучаемого, или наши знания об обучаемом [3].

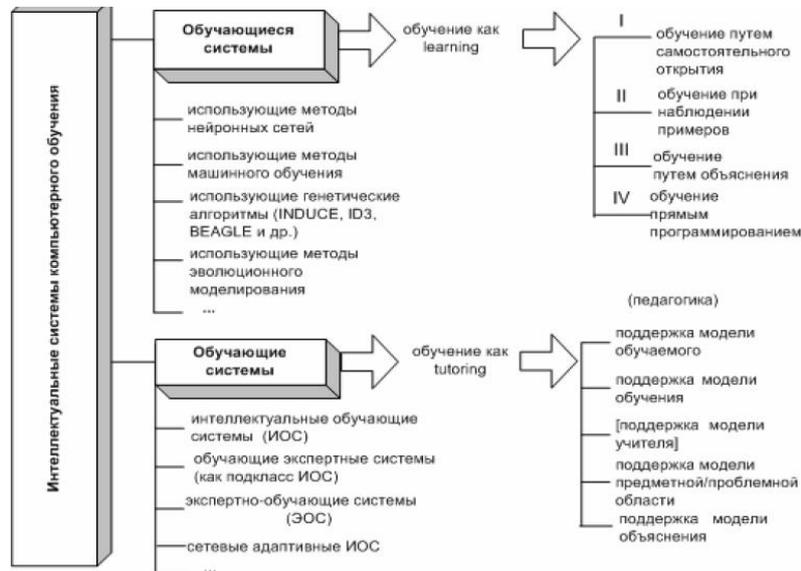


Рис. 1. Классификация интеллектуальных систем обучения

Во-первых, это знания о том, *каков обучаемый есть*; во-вторых, знания о том, *каким мы хотим его видеть*; и, наконец, знания о том, *каким мы его можем увидеть*. Первые устанавливаются путем анализа поведения обучаемого, и мы их будем называть *поведенческой* моделью обучаемого. Она изменяется вместе с поведением обучаемого, поэтому ее называют *динамической*, или *текущей*, моделью обучаемого. Механизмом построения этой модели является *когнитивная диагностика* [3,4].

Знания о том, *каким мы хотим видеть обучаемого*, требования к его конечному состоянию назовем *нормативной* моделью обучаемого. Эти знания, как правило, многогранны. Сюда относятся, например, требования к личностным качествам будущих специалистов, их профессиональным качествам и умениям (в свете модели компетенций), знаниям и умениям по различным предметным областям, харак-

теристикам физического и психического состояния и т.п. Конечной целью обучения является достижение такого положения, когда поведенческая модель обучаемого совпадает с его нормативной моделью.

Третья точка зрения основывается на том, что, в общем случае, существуют различные пути, или траектории, по которым могут продвигаться обучаемые в процессе обучения. С одной стороны, это могут быть корректные траектории, обусловленные правильными действиями обучаемых и предусмотренные нормативной моделью обучаемого, например, использование различных приемов и методов решения одних и тех же задач. С другой стороны, различные траектории могут быть обусловлены *ошибочными* действиями обучаемых, и многие их ошибки могут быть заранее предугаданы системой. Полное описание ошибочных траекторий составляет специфическую модель обучаемого, которую называют моделью *ошибок* [3].

В отличие от методов представления данных, базирующихся на строгих алгоритмах, модели представления предметных знаний имеют дело с информацией, получаемой от специалиста в конкретной предметной области (когнитолога), которая часто носит качественный и даже противоречивый характер. Тем не менее, в силу специфики построения сложных динамических объектов на основе методов интеллектуального анализа и извлечения данных подобная информация должна быть формализована. Это осуществляется использованием различных методов, на основе принципов самоорганизации и эволюционного развития. При работе со знаниями используются два основных подхода [1,4].

1. Логический (формальный), когда основное внимание уделяется изучению и применению теоретических методов представления знаний, формализации, а также логической полноте (например, создание моделей представления знаний на основе некоторых логических исчислений).

2. Эвристический (когнитивный). Подход основан на принципе организации человеческой памяти и эвристическом моделировании. В отличие от формальных эвристические модели имеют разнообразный набор средств, передающих специфические особенности предметных областей (ПрО). Именно поэтому эвристические модели превосходят логические по выразительности и возможности адекватно описать предметную область.

Современные информационные технологии, использующие идеи и методы искусственного интеллекта, позволяющие поддерживать оба подхода и осуществлять эффективную интеграцию моделей разного вида в единую модель сложного объекта. Отметим, что проблему представления знаний нельзя отделять от проблемы определения состава знаний. Вопрос представления знаний можно разделить на две независимые задачи [4]: как организовать (структурировать) знания и как представить знания в выбранной форме. При решении проблемы представления знаний необходимо рассмотреть следующие вопросы: определение состава представляемых знаний; определение организации знаний; определение формы представления знаний.

Вопросы организации знаний необходимо рассматривать в любом представлении, и их решение в значительной степени не зависит от выбранного способа (модели) представления. Выделим следующие аспекты проблемы организации знаний [1,4]:

- ◆ организация знаний по уровням представления и по уровням детальности;
- ◆ организация знаний в рабочей памяти;
- ◆ организация знаний в базе знаний.

Выбор рационального способа представления предметных знаний является центральной проблемой построения любой интеллектуальной обучающей системы.

2. Эвристическая модель задачи обучения. Задача обучения является наименее формализованной в классе рассматриваемых в ИОС «типовых задач» [5], что связано со слабой разработкой педагогических и психологических теорий получения знаний, формирования понятий, построения умозаключений и др. проблемами. Однако ТФ-задача обучения может быть декомпозирована на последовательность более простых задач, таких как *диагностика, интерпретация, планирование, проектирование*, связав решение перечисленных задач с построением соответствующих моделей – обучаемого (диагностика), обучения (планирование, проектирование), объяснение (интерпретация) [6].

Поэтому с точки зрения адаптивного представления динамической модели управления обучением в ИОС рассмотрение эвристической модели задачи обучения M включает построение трех следующих подмоделей (рис. 2): модель обучаемого ($M1$), модель обучения ($M2$), модель объяснения ($M3$).



Рис. 2. Эвристическая модель задачи обучения

Модель обучаемого (M1). Классификация существующих видов моделей $M1$ в соответствии с [3,4] приведена на рис. 3, среди которых выделены *фиксирующие* и *имитационные* модели обучаемого.

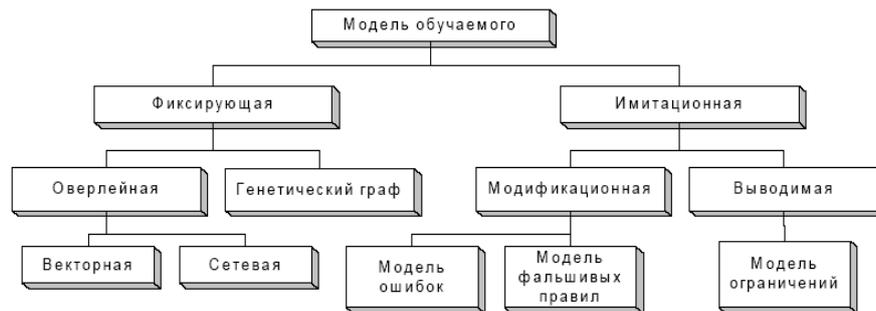


Рис. 3. Классификация моделей обучаемых

Первые представляют собой набор величин, характеризующих состояние *знаний и умений* обучаемого, а вторые – воссоздают представления обучаемого об изучаемой Про и его механизмы решения задач. Простейшим вариантом модели $M1$ фиксирующего типа является *оверлейная векторная* модель, которая каждому изучаемому понятию и/или умению ставит в соответствие элемент, принимающий

значения «знает/не знает», поэтому состояние знаний обучаемого определяется набором значений элементов вектора. Преимуществом векторной модели является ее простота, а недостатком – то, что она не только не отражает когнитивные процессы и методы решения задач обучаемого, но и игнорирует связи между понятиями. Более гибкой формой модели *MI* является *сетевая оверлейная* модель, представляющая собой граф, узлы которого соответствуют понятиям и/или умениям, а дуги – отношениям между ними. Каждому узлу и дуге сопоставляется некоторая величина или набор величин, характеризующих степень владения обучаемым данным понятием или умением, причем, допускается наследование величин.

Таким образом, модель *MI* включает следующие компоненты: в простейшем случае – учетную информацию об обучаемом (фамилия обучаемого, номер учебной группы, дата работы (*PI* и пр.), а в более сложных – психологический портрет личности обучаемого (*Ph*) в соответствии с [7]; начальный уровень знаний и умений обучаемого (*Мнач обуч*); заключительный уровень знаний и умений обучаемого (*Мкон обуч*); алгоритмы выявления уровней знаний и умений обучаемого (*A*); алгоритмы психологического тестирования для выявления личностных характеристик, на основании которых формируется психологический портрет личности обучаемого (*APh*). Под термином «знания», в соответствии с [4], понимается теоретическая подготовленность обучаемого (*декларативные знания*), а под термином «умения» – умение применять теорию при решении практических задач (*процедурные знания*).

Модель *MI* содержит информацию о состоянии знаний обучаемого (модели *Мнач обуч*, *Мкон обуч*) – как общие, интегрированные характеристики, так и те, которые отражают усвоение им текущих предметных знаний.

В общем виде сетевая модель обучаемого представляет собой конечный ориентированный граф, который может быть описан в виде модели *обучаемого* $MI = \langle V, U \rangle$, где $V = \langle V_1, V_2 \rangle$ – множество вершин, которые, в свою очередь, делятся на $V_1 = \{v_{11}, \dots, v_{1n}\}$ – множество изучаемых понятий, n – количество изучаемых понятий, элемент $v_{1i} = \langle N, T, W \rangle$, $i = 1, \dots, n$, где N – изучаемое понятие; $T = (0, 1)$, принимает значения знает/не знает; $W = (0, \dots, 10)$ – вес вершины; $V_2 = \{v_{21}, \dots, v_{2m}\}$ – множество умений, относящихся к данной модели, m – количество соответствующих умений, элемент $v_{2j} = \langle N, T, W \rangle$, $j = 1, \dots, m$, где N – изучаемое умение; $T = (0, 1)$, принимает значения умеет/не умеет; $W = (0, \dots, 10)$ – вес вершины; $U = \{u_{ij}\} = \langle V_k, V_l, R \rangle$, $j = 1, \dots, m$ – множество связей между вершинами, где V_k – родительская вершина; V_l – дочерняя вершина; $R = \{R_z\}$ – тип связи; $z = 1, \dots, Z$, где R_1 – связь типа «часть-целое» (агрегация), показывает, что понятие/умение дочерней вершины является частью составного понятия/умения родительской вершины, причем если $V_k V_l$, то и $V_l V_k$; R_2 – связь типа «ассоциация», означает, что для владения понятием/умением родительской вершины необходимо владеть понятием/умением дочерней вершины; R_3 – «слабая» связь, т.е. для владения понятием/умением родительской вершины владение понятием/умением дочерней вершины желательно, но не является необходимым.

Для формирования модели обучаемого *MI* используется *эталонная* модель *Мэ*, соответствующая уровню знаний эксперта о конкретном разделе изучаемого курса, с которой будут сравниваться получаемые на этапе построения *MI* результаты. Формально, эталонная модель *Мэ* как и сетевая модель обучаемого представляет собой ориентированный граф, т.е. совокупность вида $Mэ = \langle Vэ, Uэ \rangle$, где $Vэ$ – множество вершин, которые можно представить как $Vэ = \{vэ_1, \dots, vэ_n\}$, описывающих множество изучаемых тем в разделе P_j , n – количество изучаемых тем; каждый элемент $vэ_i = \langle T, W, Q \rangle$, $i = 1, \dots, n$, где T_i – изучаемая тема текущего раздела P_j ; $W = [0, \dots, 10]$ – вес вершины $vэ_i$ текущего раздела P_j ; Q – множество вопросов,

представимое в виде $Q = \langle F, S, I \rangle$, где F – формулировка вопроса, $S = \{s_1, \dots, s_n\}$ – множество ответов, I – идентификатор правильного ответа; $U = \{u_j\} = \langle V_k, V_l, R \rangle$, $j = 1, \dots, m$ – множество связей между вершинами, где V_k – родительская вершина; V_l – дочерняя вершина; R – тип связи; $R = \{R_z\}$, $z = 1, \dots, Z$, $R1$ – связь типа «часть-целое» (агрегация), означает, что дочерняя вершина является частью родительской вершины; $R2$ – связь типа «ассоциация», означает, что для владения понятием родительской вершины необходимо владеть понятием дочерней вершины; $R3$ – «слабая» связь, означает, что для владения понятием родительской вершины владение понятием дочерней вершины желательно, но не является необходимым.

Динамическое построение сетевой модели обучаемого $M1$ осуществляется путем сравнения текущей $M1$ с предварительно построенной экспертом эталонной моделью $Mэ$.

Модель обучения (M2). В общем случае, модель обучения содержит знания о планировании и организации (проектировании) процесса обучения, общих и частных методиках обучения, поэтому предложенная модель $M2$ включает следующие компоненты: совокупность моделей $M1$; совокупность стратегий обучения и обучающих воздействий; функцию выбора стратегий обучения или генерации стратегий обучения в зависимости от входной модели $M1$ (для адаптивной модели $M2$). Отметим при этом, что управление обучением осуществляется на основе генерации параметров $M1$, причем, каждая стратегия обучения состоит из определенной последовательности учебных воздействий.

Функция выбора стратегии обучения [6,7] обеспечивает настройку на соответствующую стратегию обучения в зависимости от состояния модели $M1$, а входными параметрами для этой функции являются: начальный уровень знаний и умений обучаемого, а также тип сценария диалога, зависящий от уровня знаний и умений обучаемого и вида учебного материала.

Теоретико-множественное описание адаптивной модели $M2$ представляет собой совокупность вида $M2 = \langle M1, S, I, F \rangle$, где $M1 = \{M1_1, \dots, M1_n\}$ – множество текущих моделей обучаемого; $S = \{S_1, \dots, S_m\}$ – множество стратегий обучения S_i , $i = 1, \dots, m$, в виде упорядоченных подмножеств множества обучающих воздействий для той или иной модели обучаемого; $I = \{I_1, \dots, I_j\}$ – множество обучающих воздействий I_j , где $I_j = \{t_k, i_l\}$ t_k – тип обучающего воздействия, а i_l – содержание воздействия, $j = 1, \dots, z$, $k = 1, \dots, c$, $l = 1, \dots, v$; F – функции (алгоритмы) генерации стратегий обучения в зависимости от входной модели обучаемого, т.е. $M2 = F(M1, Mэ, I)$.

Рассмотрим некоторые особенности формирования адаптивной модели $M2$. Генерация стратегии обучения s_i происходит путем сравнения текущей модели обучаемого $M1_i$ с эталонной моделью представления знаний $Mэ$. В процессе сравнения двух моделей из множества обучающих воздействий I формируется подмножество воздействий, изучение которых необходимо для успешного обучения. Затем производится анализ психологического портрета личности обучаемого [8], на основании которого осуществляется упорядочивание данного подмножества, т.е. в первую очередь, будут применяться те обучающие воздействия, изучение которых дается обучаемому легче. На этом процесс формирования $M2$ заканчивается и начинается процесс обучения в соответствии с s_i , который продолжается до так называемого «рубежного контроля» (тип I_j), после чего осуществляется переход на следующую ступень итерации с модернизацией модели $M1$ и адаптацией под нее модели $M2$. Процесс продолжается до достижения необходимого уровня усвоения обучаемым материала ПрО.

Обучающее воздействие I_j можно представить в виде $I_j = \{t_k, i_l\}$, где t_k – тип обучающего воздействия, а i_l – содержание воздействия, $k = 1 \div c$, $l = 1 \div v$.

В свою очередь, тип обучающего воздействия можно представить в виде: $t = \langle N, H, P, W, I_n \rangle$, где N – название обучающего воздействия; $H = \{h1, h2\}$ – характер обучающего воздействия: $h1$ – теоретическое освоение материала, $h2$ – практическое освоение материала; $P = \{0, \dots, 10\}$ – показатель восприимчивости, например, (показывает для какого типа мышления больше подходит обучающее воздействие): 10 – логический тип, 0 – интуитивный; $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ – степень важности (показывает насколько важно, чтобы обучаемый усвоил данный материал); $I_n = \{l_o, i_n\}$ – степень интегральности воздействия (область применимости воздействия), где l_o – воздействие связано только с соответствующей темой, i_n – воздействие охватывает положения, рассматриваемые в предыдущих единицах учебного материала ПрО.

Развитие модели $M2$ до уровня адаптивной является актуальной задачей [9] при построении ИОС, поскольку адаптивная модель обучения является более гибкой и адекватной, т.к. учитывает индивидуальные особенности обучаемого на всех этапах передачи знаний.

Модель объяснения ($M3$). Модель $M3$ строится исходя из того, что существующие способы реализации методов объяснения в традиционных ЭС не в полной степени удовлетворяют целям обучения, в частности, моделям $M1$ и $M2$, поэтому реализуемая модель $M3$, ориентированная на продукционные модели представления знаний и включает следующие компоненты:

$M3_G$ – целевые процедуры, обеспечивающие объяснение хода решения задачи путем генерации текстов объяснений, содержащих описания правил, использованных в выводе (записанные объяснения), а также локализацию ошибок обучаемого;

$M3_D$ – процедуры детальности объяснения, позволяющие в зависимости от уровня знаний обучаемого иллюстрировать ход решения задачи с разной степенью детализации;

$M3_A$ – алгоритмы интерпретации результатов процессов выявления умений обучаемого реализовывать механизмы прямого/обратного вывода, включая возможность предоставления дополнительной информации об объектах ПрО и их связях.

Заключение. Таким образом, рассмотренные в статье модели $M1$, $M2$ и $M3$ в совокупности с моделью ПрО, получаемой на основе методов интеллектуального анализа и представления предметных знаний, полностью специфицируют типовую задачу обучения с помощью конкретных процедур и функций, а также указывают на наличие определенных взаимосвязей, причем с различной глубиной вложенности (при формировании той или иной стратегии обучения). Технологии реализации информационной системы, основанной на знаниях, должны рассматриваться только после тщательного анализа конкретной задачи обучения и ПрО.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бова В.В., Курейчик В.В., Нужнов Е.В. Проблемы представления знаний в интегрированных системах поддержки управленческих решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 107-112.
2. Стефанюк В.Л. Теоретические аспекты разработки компьютерных систем обучения. Учебное пособие. – Саратов: СГУ, 1995. – 98 с.
3. Атанов Г.А. Деятельностный подход в обучении. – Донецк: ЕАИ-пресс, 2001.
4. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
5. Рыбина Г.В., Рыбин В.М. Опыт разработки и перспективы использования обучающих интегрированных экспертных систем в учебном процессе // Научная сессия МИФИ-2007 / Сб. научных трудов. В 17 томах. Т. 3. Интеллектуальные системы и технологии. – М.: МИФИ. – С. 37-39.

6. Рыбина Г.В., Демидов Д.В. Модели, методы и программные средства вывода в интегрированных экспертных системах // Инженерная физика. – 2007. – № 2. – С. 51-60.
7. Тельнов Ю.Ф. Реализация компетентного подхода к обучению на основе управления знаниями // Научная сессия МИФИ-2007. Сб. научных трудов. В 17 томах. Т. 3. Интеллектуальные системы и технологии. – М.: МИФИ. – С. 40-42.
8. Кравченко Ю.А. Оценка когнитивной активности пользователя в системах поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 113-117.
9. Кравченко Ю.А. Интеграция свойств когнитивных стилей и интеллектуальных агентов как основа создания адаптивных информационных обучающих систем // Открытое образование. – 2010. – № 4. – С. 20-29.
10. Курейчик В.М., Писаренко В.И., Кравченко Ю.А. Инновационные образовательные технологии в построении систем поддержки принятия групповых решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 4 (81). – С. 216-221.

Бова Виктория Викторовна

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: vvbova@yandex.ru.

347928, г. Таганрог, Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371651.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; старший преподаватель.

Bova Viktoria Viktorovna

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: vvbova@yandex.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371651.

The Department of Computer Aided Design; Senior Lecturer.

УДК 621.3

В.В. Марков, М.В. Луцан

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СВОБОДНЫХ ОТВЕТОВ В СИСТЕМЕ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ*

Предложена методика анализа и оценки правильности ответов тестируемого, выдаваемых в свободной форме. При этом подразумевается построение тестовой системы на основе использования нечеткой модели экзаменатора. Требуемые оценки формируются на основе анализа близости слов в эталонном и полученном ответах. Приведено описание алгоритма и даны формульные оценки для реализации целей анализа. Применение предлагаемого алгоритма показано на примере.

Система тестового контроля; нечеткая модель экзаменатора; объективный порядок слов; оценка близости слов.

V.V. Markov, M.V. Lutsan

ANALYSIS AND EVALUATION OF FREE-RESPONSES FOR KNOWLEDGES CONTROL TESTING SYSTEM

This article deals with the technique of analysis and evaluation of the correctness of responses tested, issued in a free form. This implies the construction of a test system using fuzzy model of the examiner. Required estimates are formed on a base of proximity analysis of words

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 10-07-00538), г/б № 2.1.2.1652.