

**Заключение.** В работе предложена реализация в вычислительной среде Matlab метода последовательных приближений для решения нелинейных интегральных уравнений Фредгольма–Урысона II рода путем создания дополнительных специализированных модулей, совокупность которых является основой создания соответствующего тулбокса, органически дополняющего апробированные блоки системы.

1. *Забрейко П.П. Интегральные уравнения.*- М: Наука, 1968.-214 с.
2. *Моисеев Н.Н., Ю.П. Иванов, Е.Н. Столярова. Методы оптимизации.* М.: Наука. 1978.- 351 с.
3. *Дж. Форсайт, М. Малькольм., К. Моулер. Машинные методы математических вычислений.* М.: Мир, 1980. – 279 с.

*Поступила 24.02.2011р.*

УДК 004.89

Ю.Р. Валькман, д.т.н., зав.отделом распределённых интеллектуальных систем Международного научно-учебного Центра информационных технологий и систем НАН и МОН Украины

А.В. Скляр, аспирант факультета кибернетики Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ЗНАНИЙ ОБУЧАЕМОГО В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ**

In the article most known models of student for intelligent tutoring systems are described and explored. Their sphere of application, advantages and drawbacks are analyzed.

*Ключевые слова:* Интеллектуальная система, Система обучения, Модель знаний обучаемого, База знаний, Компьютерная технология.

### **Введение**

Электронное обучение становится всё более распространённым ввиду его удобства (возможность дистанционного обучение) и всеобщей доступности (достаточно иметь подключение к Интернету). Однако в данной сфере образования практически отсутствует прямое взаимодействие *учитель–ученик* – роль такого взаимодействия ложится во многих случаях практически целиком на программную систему. Как следствие, возникает острая необходимость в построении максимально объективного представления об учащемся в программной системе: для адаптации учебного процесса под потребности учащегося, для контроля уровня его владения изучаемой предметной областью, а также для выявления ошибок учащегося и

их причин, с тем, чтобы указывать и корректировать его ложные или ошибочные знания.

В данной статье мы рассмотрим основные известные на данный момент классы моделей обучаемого, проанализируем их преимущества, недостатки и возможные области применения.

*Объектом исследования* является модель знаний обучаемого (далее – модель обучаемого).

*Предмет исследования* – функциональные возможности модели, потенциальные области применения и проблемы, с которыми их применение может быть связано.

*Цель исследования* – выделение или формирование наиболее эффективной (мощной по своим возможностям, адекватной по требуемым ресурсам) модели обучаемого, которая могла бы быть использована при построении интеллектуальной обучающей системы (ИОС).

*Ожидаемые результаты* – модель обучаемого, адекватно и полно отображающая его знания о предметной области, применяемые методы решения задач, программный инструмент для определения ошибок, допускаемых обучаемым в ходе решения учебных задач, и анализа причин их возникновения.

## **1. Понятие модели обучаемого**

Под моделью обучаемого подразумевают некое представление обучающей системы об обучаемом, дающее возможность приспособлять её возможности к потребностям пользователя [2]. На практике модель обучаемого представляет собой совокупность характеристик обучаемого, измеряемых во время работы системы с обучаемым и определяющей степень усвоения им знаний по изучаемой предметной области, а также методов обработки этого набора [5]. Модель обучаемого является одной из важнейших подсистем любой интеллектуальной обучающей системы, она может служить ядром ИОС, центральным инструментом для адаптации всех компонентов системы под потребности конкретного пользователя [3].

Модель обучаемого должна удовлетворять следующие требования [2]:

- *валидность* – система должна учитывать те индивидуальные особенности учащихся, которые существенны для достижения намеченных учебных целей;
- *адекватность* – система должна обеспечивать соответствие модели обучаемого самому обучаемому;
- *динамичность* – модель обучаемого должна уточняться по мере накопления данных о нём.

На основе изложенного выше, можно выделить основные функции модели обучаемого:

- оценка уровня знаний обучаемого;
- диагностика ошибок обучаемого, выявление недостающих или ошибочных знаний, приведших к возникновению ошибки;

- адекватное отображение индивидуальных особенностей обучаемого, существенно влияющих на учебный процесс (форму подачи, уровень сложности материала).

Модель обучаемого, как правило, рассматривается в одном из двух значений:

- 1) модель текущего состояния знаний и умений индивидуального обучаемого;
- 2) «идеальная» модель знаний об обучаемом, включающая знания о предметной области, типичных ошибках и когнитивных механизмах [1].

Первая интерпретация соответствует подсистеме тестирования знаний обучаемого; вторая – подсистеме диагностики знаний (определения ошибок и корректировки учебного процесса).

Модель обучаемого, как правило, включает знания о:

- цели обучения [2,4] (т.е. изучаемой предметной области);
- уровне глубины и полноты владения знаниями и/или умениями, относящимися к изучаемому предмету;
- общих характеристиках обучаемого (возраст, пол, скорость реакции, способность к абстрактному мышлению, уровень образования, специальность и пр.);
- истории взаимодействия ЭОС и обучаемого [1] и правилах изменения его модели по результатам этого взаимодействия [4,5];
- особенностях подачи учебных материалов и выбора контрольных заданий и вопросов [5].

Моделирование пользователя можно определить как адаптацию поведения системы в процессе взаимодействия с ним в соответствии с теми предположениями, которые делает система, основываясь на собранной о пользователе информации [4]. Процесс моделирования обучаемого в общем случае состоит из следующих этапов [1]:

1. Первоначальная модель обучаемого включает в себя требования к предварительным знаниям и умениям обучаемого, которые задаются на этапе настройки ЭОС и в процессе предварительного тестирования обучаемого.
2. На основании общей модели предметной области формируется задача, предоставляемая обучаемому для решения.
3. На основе анализа решения задачи, предоставленного обучаемым, путём выявления и диагностирования характерных ошибок в решении, формируется его частичная модель.
4. Полученная частичная модель комбинируется с текущей моделью, образуя новую модель обучаемого.

## 2. Классификация моделей обучаемого

По способу получения модели обучаемого делят на *явные* и *неявные*. В первом случае подразумевается, что система в явном виде запрашивает у пользователя информацию, необходимую для создания и обновления модели. Во втором случае система ненавязчиво и незаметно для пользователя конструирует его модель, делая предположения и выводы на основе взаимодействия обучаемого с системой [4].

По степени специализации модели делят на *общие* и *индивидуальные*. Первые предполагают наличие одной общей модели для всех пользователей системы и используются в случае работы с однородной группой пользователей. Вторые принимают во внимание индивидуальные особенности отдельного пользователя.

По временной протяжённости различают *долгосрочные* и *краткосрочные* модели обучаемого. Особенностью долгосрочных моделей является сохранение информации о пользователе от одного сеанса до другого, в то время как краткосрочные модели действуют в пределах одного сеанса работы пользователя с системой. Следует отметить, что структура модели в обоих случаях может не отличаться, однако долгосрочные индивидуальные модели, на основании более длительного опыта работы с пользователем, могут строить более точное отображение знаний и умений обучаемого в общем.



Рис.1. Классификация моделей обучаемого

По способу использования традиционно модели делят на *фиксирующие* (или декларативные, дескриптивные), и *имитационные* (или процедурные, прескриптивные) [1,2,4]. Первые представляют собой набор величин, характеризующих состояние знаний и умений обучаемого – своего рода база

данных, содержащая информацию о знаниях пользователя. Вторые же воссоздают представление обучаемого об изучаемой предметной области и его механизмы решения задач для проверки и интерпретации его ответа [1,4].

### 2.1. Фиксирующие модели обучаемого

Достаточно простой разновидностью моделей фиксирующего типа является *стереотипная модель* [2,4,6]. В такой модели выбирается набор характеристик (критериев), отражающих индивидуальность пользователя, и по значениям этих критериев учащиеся разбиваются на классы – стереотипы. К примеру, в традиционном образовании с пятибалльной системой оценивания можно выделить стереотипы «двоечник», «хорошист», «отличник». Величина критерия для конкретного учащегося определяется при помощи некоторой оценочной функции, которая строится в связи со знаниями предметной области; когда по всем критериям достигнут переход к значениям, соответствующим какому-то стереотипу, система относит обучаемого к этому стереотипу.

Модель стереотипов, как правило, строится по одному из четырёх сценариев [4] (Рис.2):

- *многоуровневая, или луковая модель*, в которой содержимое стереотипов упорядочено в отношении линейных подмножеств – представитель каждого следующего уровня обладает знаниями всех предыдущих;
- *латуковая модель* – имеется стереотип-ядро, общий для всех остальных стереотипов, каждый из которых может быть независимым друг от друга;
- *многоядерная латуковая модель* – обобщение латуковой модели, в которой может присутствовать несколько ядер, являющихся пересечением нескольких стереотипов;
- *ориентированный ациклический граф* – многоядерная модель, расширенная тем, что общности из двух и более ядер также сжимаются в ядро; результат представляет собой иерархическую структуру стереотипов (на Рис.2(г) направленными рёбрами обозначено отношение включения стереотипов).

Стереотипная модель является способом комбинирования общей и индивидуальной модели обучаемого, соотнося индивидуальные особенности обучаемого с определённым классом, стереотипом, на основании чего система может неявным образом получать дополнительные данные о пользователе даже без прямого взаимодействия с ним, на основе опыта взаимодействия с другими обучаемыми, представляющими тот же стереотип. Модели этого типа могут давать хорошие результаты, в зависимости от целей моделирования, однако для обучения в чистом виде они применяются редко [2]. Целесообразно использовать их в случаях, когда требуется быстрая, но не обязательно точная оценка пользователя [4].

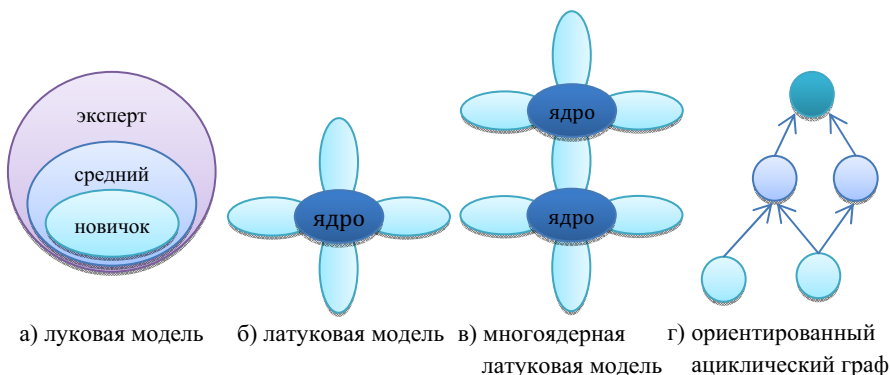


Рис.2. Модели стереотипов

Среди моделей фиксирующего типа наиболее распространёнными являются *оверлейные*, или перекрывающие модели. Они названы так потому, что в них модель ученика является в некотором смысле подмножеством (перекрытием) модели эксперта-предметника. Такие модели хорошо зарекомендовали себя при обучении понятиям, хотя оказались недостаточно эффективны при обучении умениям [1].

Простейшим вариантом оверлейной модели обучаемого является *векторная*. В ней каждому изучаемому понятию или умению ставится в соответствие элемент, принимающий значение «знает/не знает» или «умеет/не умеет». В более общем случае элементы могут принимать значения по определённой дискретной шкале (например, пятибальная система оценивания) или из определённого интервала (например, интервал от 0 до 1). Значение элемента может быть проинтерпретировано и как оценка, и как вероятность или нечёткая величина, характеризующая знание системы о владении обучаемым данным концептом (понятием или умением). Характеристики обычно разделяют по уровню, например, на общие (интегрированные) и текущие (отражающие усвоение текущего материала) [2]. За счёт этого содержание модели получается многоуровневым: на высшем уровне можно проследить глобальные характеристики знаний (например, оценку за весь курс обучения); на более низких уровнях хранится информация о более локальных знаниях (темах, отдельных понятиях).

Часто помимо непосредственного значения характеристикам, определяющим знание обучаемого данного концепта, приписывают атрибуты: «чтение» (определяет, изучал ли обучаемый данный концепт) и «готовность для чтения» (определяет, имеет ли обучаемый достаточно предварительных знаний для изучения данного концепта) [4].

Преимуществом такой модели является её простота, однако она не отображает когнитивных процессов и методов решения задач обучаемого; кроме того, она никак не отображает связи между понятиями и/или умениями [1].

Более гибкой формой фиксирующей модели является *сетевая*. В ней понятия и умения представляются узлами графа, а дуги этого графа представляют отношения между ними. Каждому узлу и дуге графа соответствует величина (или набор величин), отображающая степень владения обучаемым данным понятием или умением [1]. Очевидным преимуществом данной модели перед предыдущей является способность отображения взаимосвязей между понятиями, что даёт возможность лучшей диагностики ошибок пользователя, а также индуктивного определения знаний, необходимых пользователю.

Расширением оверлейной сетевой модели, призванным повысить эффективность диагностики при обучении умениям, является так называемый *генетический граф*. Узлы такого графа представляют факты, правила и процедуры, а дуги являются отношениями, такими как:

- *обобщение*:  $C'$  является обобщением  $C$ , если определение  $C'$  получается из определения  $C$  заменой некоторой константы на переменную;
- *конкретизация* – отношение, обратное к обобщению;
- *аналогия*:  $C'$  является аналогией  $C$ , если существует отображение констант из определения  $C'$  в константы из определения  $C$ ;
- *уточнение*:  $C'$  является уточнением  $C$ , если  $C'$  содержит дополнительное свойство, применимое к подмножеству данных, используемых в  $C$ ;
- *упрощение* – отношение, обратное к уточнению;
- *отклонение*:  $C'$  является отклонением от  $C$ , если действие  $C'$  имеет ту же цель, но не приводит к успеху;
- *коррекция* – отношение, обратное к отклонению.

Генетический граф, в отличие от сетевой модели, содержит не только знания и умения эксперта, но и различные обобщения, конкретизации и отклонения от правил, применяемых экспертом. Кроме того, при помощи отношения «уточнение» он может описать возможные пути развития умений обучаемого [1].

Ещё одним недостатком оверлейных моделей является отсутствие разграничения знаний, которые пользователь ещё не приобрёл, и знаний, которые ещё не были ему представлены. Не берутся также в расчёт неправильные представления и заблуждения, имевшиеся у пользователя изначально или приобретённые им в ходе обучения. *Дифференциальная* (разностная, обратная оверлейная) модель обращается к этим вопросам, разделяя знание на то, которое было продемонстрировано пользователю и то, которым пользователь не обладает. В данной модели оверлейная модель применяется к знанию, уже представленному пользователю. Ответы обучаемого анализируются и сравниваются со знаниями эксперта, применяемыми для решения данной задачи, и на основе различий в этих знаниях строится модель обучаемого. Таким образом, модель позволяет

учесть не только отсутствие знаний у обучаемого, но и неправильное использование знаний, которыми он уже овладел [4,5,6].

Фиксирующие модели обучаемого, в особенности оверлейные модели, наиболее часто берут за основу при создании различных ИОС [3] ввиду их простоты и отсутствия ограничений на предметную область и способы приобретения знаний и способы решения задач пользователем.

## 2.2. Имитационные модели обучаемого

Основным недостатком всех декларативных (фиксирующих) моделей является отсутствие прямой возможности представления умений, когнитивных механизмов и способов решения задач обучаемым. Ошибка в ходе решения задачи интерпретируется лишь как недостаток знания по сравнению с экспертом [2], при этом имеется достаточно слабая возможность определения причины ошибки или неверных предпосылок, приведших к неправильному ходу решения задачи. Чтобы восполнить этот недостаток, рассматривают модели, имитирующие знания и способы (процедуры) решения задач обучаемого, с тем чтобы диагностировать ошибки в этих процедурах и корректировать учебный процесс соответствующим образом.

В имитационных моделях знания обучаемого представляются в виде структур данных, а его умения – в виде процедур и механизма их интерпретации. Если задать множество элементарных операций, необходимых для решения определённого класса задач, то умение обучаемого можно представить в виде алгоритма, состоящего из последовательности таких элементарных операций. Если алгоритм представить графом, узлы которого являются этапами решения задачи, а дуги – элементарными операциями, то решение конкретной задачи соответствует пути на таком графе [1].

Если в описанном выше графе заменить одну операцию (дугу) на другую, то все пути, включающие эту дугу, будут давать неверные решения, моделируя ошибочное поведение обучаемого. За счёт выявления таких дуг появляется возможность определения шага, на котором обучаемый допустил ошибку, диагностирования её причины и коррекции решения учащегося. Такую модель обучаемого называют *моделью ошибок*.

Развитием модели ошибок является *модель фальшправил*, или модель Слимана. В этой модели в ходе экспериментов с обучаемыми определяется набор ошибочных элементарных операций (фальшправил), которые затем используются для диагностирования причины ошибки пользователя в решении задачи. Определяя предполагаемое место возникновения ошибки, система применяет к нему фальшправила, пытаясь сымитировать ошибочное поведение обучаемого.

Обе описанные выше модели принимают во внимание знания, которыми обладает пользователь, но которые не представлены в модели знания эксперта предметной области – такие модели относят к *пертурбационным*. Важной предпосылкой построения таких моделей является идентификация причин расхождения знаний эксперта и знаний обучаемого. Среди таких



причин могут быть: недостаток знаний у обучаемого, наличие ошибочных знаний, неправильное применение имеющихся знаний, ошибки невнимательности или же умышленно допущенные ошибки [4,5].

Устраняя очевидный недостаток модели ошибок – отсутствие предположения о допуске обучаемым ошибок при выполнении элементарных операций, – модель фальшправил тем не менее не в силах объяснить причины возникновения таких ошибок-фальшправил. Кроме того, набор фальшправил составляется исключительно ручным путём, в ходе экспериментов с обучаемыми, что является трудоёмким процессом, не гарантирующим качество результата.

Объяснить причину возникновения ошибки можно с помощью *переборной модели*, умеющей проследивать все возможные пути решения задачи. Знания в этой модели представлены в виде генетического графа, отражающего не только связи в предметной области, но и поведение обучаемого. На каждом шаге система подбирает из всех возможных единственную модель путём добавления правильных или неправильных процедур, выполненных учеником. Если же неверный шаг ученика не зафиксирован в библиотеке фальшправил, система после анализа пытается её пополнить новым фальшправилем [2].

*Восстановительная модель* позволяет отойти от библиотеки ошибок, созданной вручную. Обучающая система строит модель обучаемого, восстанавливая путь от конечного результата к началу при помощи индукционных правил. При этом предполагается, что ученик не делает ошибок при выполнении элементарных операторов, но может неправильно их применять. На каждом шаге анализа решения обучаемого определяется, какие условия были применены на предыдущем шаге решения и к какой процедуре, чтобы получить текущую [2].

У обеих описанных выше моделей есть очевидный недостаток – большие затраты времени на поиск нужных процедур, поскольку здесь мы сталкиваемся с полнопереборными задачами.

Последняя из рассматриваемых моделей – *модель ограничений* – позволяет конструировать модель обучаемого в знакомых ему терминах [1]. Для каждого изучаемого понятия в данной модели фиксируется наиболее конкретная (нижнее ограничение) и наиболее общая (верхнее ограничение) его форма. Эти ограничения, словно рамки, обозначающие понимание обучаемым данного понятия, расширяются по мере решения обучаемым всё новых и новых задач. При этом новое нижнее/верхнее ограничение для понятия индуктивно выводится из действий обучаемого, выполняемых в ходе решения задач.

Модель представляется достаточно реалистичной, поскольку основывается на предположении о том, что учитель не знает точного состояния знаний обучаемого, а принимает решения на основе некоторой аппроксимации этого состояния. В то же время очевидны ограничения, накладываемые на структуру представления изучаемой предметной области.

Также эта модель в чистом виде не предусматривает обучение умениям и диагностику ошибок при применении приобретённых умений.

### **3. Синтез эффективной модели обучаемого**

Исходя из проведенного анализа известных подходов к моделированию обучаемого, можно заключить, что многие из них имеют преимущества в одних аспектах отображения знаний и умений обучаемого, оказываясь в то же время недостаточно эффективными или неспособными описать другие (см. Таблицу 1). Поэтому хотелось бы синтезировать на их основе новую комплексную модель обучаемого, которая сможет охватить их преимущественные возможности, в то же время снимая, насколько это возможно, ограничения, накладываемые каждой из них. Ключом в таком синтезе, очевидно, должно быть обобщение накопленного опыта и комбинированное применение известных моделей.

Любую изучаемую предметную область можно разделить на набор знаний, или понятий и связей между ними, которые обучаемый должен изучить, а также умений, или навыков, которые он должен приобрести и закрепить в результате обучения.

Для отображения уровня знаний обучаемого наиболее распространёнными по праву стали оверлейные модели. Самой мощной из рассмотренных модификаций таких моделей является модель генетического графа. Такая модель отражает и уровень знаний обучаемого относительно отдельных концептов предметной области, и разнообразные связи между этими знаниями, в том числе она может отображать, а следовательно и диагностировать, характерные ошибки обучаемых. Следует лишь расширить её дифференциальной моделью, добавив различие между знаниями, уже предоставленными пользователю, и ещё не предоставленными ему.

На эту модель хорошо накладывается модель ограничений – для её применения можно привязать к концептам, связанным в генетическом графе отношениями обобщения и конкретизации, уровни абстракции из модели ограничений, динамически обновляя модель обучаемого в соответствии со стратегией этой модели.

Для представления умений и предусмотрения возможности диагностики ошибок в применении этих умений наиболее подходящей, на наш взгляд, оказывается модель Слимана, поскольку она является наиболее гибкой среди моделей, не требующих значительных вычислительных ресурсов, что критически важно ввиду необходимости ведения непрерывного диалога с обучаемым. Следует отметить, что выбранная модель накладывает жёсткие ограничения на форму представления умений и механизмы их интерпретации [1], однако это наиболее мощный из доступных инструментов для точной диагностики ошибочных знаний, ошибок в умениях и неправильного применения умений обучаемым. С учётом возможностей сети Интернет, как базовой физической среды для электронного обучения, применение моделей ошибок и фальшправил видится ещё более уместным, поскольку характерные ошибки обучаемых будут накапливаться достаточно быстро, ввиду

централизованного хранения информации обо всех обучаемых на веб-сервере, так что обучающая система может быстро становиться «опытной» в диагностировании и корректировке ошибок обучаемых.

Таблица 1. Сравнительная характеристика моделей обучаемого

Критерий \ Модель	Стереотипная	Векторная	Сетевая	Генетический граф	Разностная	Модель ошибок	Модель фальшправил	Переборная	Восстановительная	Модель ограничений
<b>Возможности</b>										
Отображение уровня знаний	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Адекватность при недостатке информации об обучаемом	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Возможность наличия у обучаемого знаний помимо знаний эксперта	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+
Определение связанных недостающих или ошибочных знаний	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-
Различение уже предоставленных и ещё не изучавшихся знаний	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Отображение способа решения задач	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-
Диагностика ошибок в умениях	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
Возможность ошибок в базовых умениях	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Использование предыдущего опыта	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<b>Ограничения</b>										
Ограничения на способ представления и интерпретации умений	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
Необходимость ручного формирования и обновления библиотеки ошибок	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Большая вычислительная сложность	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-

В условиях Интернет-среды, с её возможностью накопления информации о многих обучаемых, также представляется перспективным применение техники стереотипов для неявного определения дополнительных

характеристик обучаемого в условиях недостаточного опыта работы системы с данным конкретным пользователем. Соотнесение обучаемого с определённым стереотипом позволяет лучше адаптировать учебный процесс под его нужды даже на начальном этапе работы с системой, когда система имеет мало данных о пользователе. К тому же применение этого подхода не накладывает почти никаких дополнительных ограничений на предметную область или применяемую модель обучаемого.

### **Заключение**

Разработка максимально точной динамичной модели обучаемого, предоставляющей инструмент для адаптации учебного процесса под потребности конкретного пользователя, тестирования уровня его знаний и умений, а также диагностики ошибок и устранения их в диалоговом режиме является актуальной и очень важной задачей при разработке ИОС.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о возможности создания такой модели путём комбинации известных моделей обучаемых, хорошо зарекомендовавших себя в тех или иных аспектах описания обучаемого. Для моделирования уровня владения обучаемого понятиями из предметной области можно использовать совмещённую модель генетического графа и ограничений, дополненную составляющей дифференциальной модели – различием не усвоенных и не изучавшихся знаний из предметной области. Для моделирования умений следует, если это позволяет рассматриваемая предметная область, использовать модель фальшправил. Также следует применять технику стереотипов для неявного определения информации о пользователе, когда явной информации о нём недостаточно для адаптации. Описанная комплексная модель обучаемого будет применена нами при проектировании универсального каркаса ИОС, который впоследствии мы будем применять для создания ИОС конкретных предметных областей.

Представляется перспективным направление исследований, связанное с ИОС, ориентированными на использование в сети Интернет, поскольку последняя открывает широкие возможности для более эффективной адаптации процесса обучения благодаря централизованному хранению информации о различных пользователях обучающей системы на веб-сервере и использованию этой информации в целях адаптации.

1. *Петрушин В.А.* Экспертно-обучающие системы. – Киев: Наукова думка, 1992. – 196 с.
2. *Щеголькова В.А., Любчик В.А., Рудень Р.Н.* Модель ученика в компьютерных обучающих системах. – Сумской государственный университет, 2003.
3. *Брусиловский П.Л.* Архитектура на основе модели студента для интеллектуальных обучающихся сред. // IV международная конференция по моделированию пользователя. – Hyannis, MA, USA, 1994. – с.31-36.
4. *Волянская Т.А.* Виртуальный музей истории информатики в Сибири: модель предметной области и модель пользователя // Новые информационные технологии в науке и образовании. — Новосибирск, 2003. — с. 124–146.

5. Web-источник: Терминологический словарь обучения – Проектирование автоматизации учебных курсов [18.01.2011] <http://www.dupliksv.hut.ru/pauk/dict/>
6. *Гладышев П.Е., Сиговцев Г.С.* Модель адаптивного учебного интернет-ресурса. // XI Всероссийская научно-методическая конференция "Телематика'2004".

*Поступила 24.03.2011р.*

УДК 004.832.3

В.В. Зосимов, аспирант, отдел распределенных интеллектуальных систем МНУЦИТиС НАН и МОН Украины

А.С. Булгакова, аспирант, отдел индуктивного моделирования МНУЦИТиС НАН и МОН Украины

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАНЖИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОИСКОВОЙ ВЫДАЧИ ВЕБ-СТРАНИЦ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ**

*Аннотация.* В данной статье описано моделирование процесса ранжирования результатов поисковой выдачи Google при помощи GIA GMDH (Обобщенный итерационный алгоритм МГУА). В ходе процесса моделирования были выбраны наиболее значимые для построения поисковой выдачи параметры веб-страниц. В результате исследования мы получили математическое отображение (модель) процесса ранжирования результатов поисковой выдачи веб-страниц в сети Интернет.

*Abstract.* This article describes modeling of ranking search engine results in Google using the GIA GMDH (generalized iterative algorithm for GMDH). During the simulation there were chosen the most important search parameters of web pages for building of related search results. As a result of our research we have got a mathematical mapping (model) of the process of ranking the results of search results of web pages on the Internet.

*Ключевые слова.* Алгоритм, ранжирование сайтов, МГУА, обобщенный итерационный алгоритм, моделирование.

**Введение.** Мы уже давно привыкли находить почти любую, интересующую нас информацию в Интернете. Это стало возможным во многом благодаря появлению и развитию поисковых систем, основная задача которых – сделать поиск информации в Интернете более эффективным. Для этого были разработаны алгоритмы ранжирования сайтов в поисковой выдаче, результатом работы которых является отсортированный по релевантности (наиболее точно удовлетворяющий условия поиска) список сайтов.

Современный Интернет все больше становится похож на огромную рекламную площадку, что значительно затрудняет поиск информации в сети.