

И.Х. Галеев

Казанский государственный технологический университет

1. Введение

В обзоре П.Л. Брусиловского "Системы доставки курсов для виртуальных университетов" анализируется большая группа инструментальных средств, требуемых для построения виртуального университета [1]. Описаны различные аспекты существующих инструментов и технологий. По техническим параметрам инструменты разделены на две группы: специализированные и интегрированные. Специализированные инструменты поддерживают узкий набор функций (например, одну - создание электронных учебников). Интегрированные инструменты многофункциональны и нацелены на создание среды, поддерживающей все важнейшие педагогические функции, включая администрирование. Выделено три уровня развитости в каждом компоненте среды: основной, современный и исследовательский. Под исследовательским уровнем понимаются экспериментальные системы, объединяющие, в частности, развитые элементы искусственного интеллекта. Отмечается, что часто эти системы примитивны в некоторых компонентах, но очень развиты в той части, которая находится в сфере исследований. Жизненный цикл инструментов характеризуется движением от исследовательского уровня к встраиванию их элементов в коммерческие системы.

Рассмотренный обзор, а также анализ других источников (табл. 1) позволяют с высокой степенью уверенности утверждать, что описанный ниже подход к построению адаптивных интегрированных обу-

чающих сред не имеет прямых аналогов и обеспечивает высокий уровень адаптивности к обучаемому за счет предлагаемой архитектуры среды, включающей в себя интеллектуальную обучающую систему.

В настоящее время описаны многие методы и технические приемы адаптивной гипермедиа [2]. Знания обучаемого по учебной дисциплине наиболее часто описываются оверлейной моделью, которая основана на модели предметной области обучения. Модель предметной области обучения представляется в виде сети концептов (понятий) учебной дисциплины. Для каждого концепта модели предметной области оверлейная модель конкретного обучаемого содержит некоторые значения, которые являются оценкой его уровня знаний этого концепта. Таким образом, оверлейная модель знаний обучаемого представляется в виде набора пар "концепт - значение" для каждого концепта учебной дисциплины и служит для реализации технологий адаптации в учебных гипермедиа. Следует особо отметить, что далеко не все существующие методы адаптивной гипермедиа достаточно надежны и заслуживают безусловного тиражирования. Например, в [3] приводится следующее правило, используемое для адаптации: "ЕСЛИ все необходимые предшествующие страницы прочитаны, ТО знания, полученные при прочтении этой страницы, будут больше, чем при прочтении страницы, для которой пользователь еще не читал необходимые предыдущие страницы". Можно привести и другие примеры, которые не могут служить надежными источниками оценки знаний обучаемого.

Таблица 1

Инструментальные средства поддержки виртуальных университетов

Название инструментальных средств	Адрес сайта
IBM Lotus Learning Management System	http://lotus.com/lotus/offering6.nsf/wdocs/homepage
WebCT	http://www.webct.com
Blackboard	http://www.blackboard.com
АНА	http://aha.win.tue.nl/
HiperMethod eLearning	www.elearn.ru
xDLS	www.xdlssoft.com/rus
Redclass	http://sdt.redlab.ru/sdt/static/welcome.htm
Доцент	www.uniar.ru/dt.shtml
Прометей	www.prometeus.ru
Орокс	www.mocnit.miee.ru/mocnit/develop.html
WebTutor	www.websoft.ru
Avanta	www.avanta.vvsu.ru

В отделе Информатизации и технических средств обучения (ИТСО) Казанского государственного технологического университета (КГТУ) в течение ряда лет проводятся исследования по адаптивным технологиям обучения [4-10]. В последних работах авторов рассмотрен ряд вопросов построения частично интегрированных сред обучения, адаптация в которых базируется на оверлейной модели умений обучаемого, представленной в виде набора пар "операция (правило) - значение" [7-10]. Оверлейная модель умений создается и поддерживается в интеллектуальных обучающих системах, спроектированных с помощью инструментальных средств серии MONAP [4-6]. Математический аппарат, используемый в указанных инструментальных средствах, достаточно полно описан в [5, 6]. На основе оверлейной модели умений обеспечивается адаптивное управление обучаемым, заключающееся в выдаче ему на очередной шаг обучения учебной задачи оптимальной трудности и сложности. Дополнительные возможности в увеличении уровня адаптивности процесса обучения возникают в интегрированной среде, включающей в себя электронный учебник и интеллектуальную обучающую систему. В таких средах требуется разрабатывать новые интегрированные методы адаптации к обучаемому, обеспечивающие, в частности, на каждом шаге обучения выдачу релевантного учебного материала по результатам решения учебной задачи.

2. Типовая структура электронного учебника

Разработка инвариантных к предметной области (ПО) обучения интегрированных методов адаптации к обучаемому в интегрированной среде обучения, включающий в себя электронный учебник (ЭУ) и интеллектуальную обучающую систему (ИОС), осуществляется на основе анализа структур ЭУ. Анализ структур ЭУ предполагает выделение инвариантных к ПО структурных компонентов ЭУ и отношений между этими компонентами. Под структурным компонентом ЭУ понимается адресуемая часть учебного материала. Адресация обеспечивает возможность ссылки и перехода на некоторый структурный компонент ЭУ из других компонентов, блока содержания ЭУ, указателя, словаря (глоссария), тезауруса и контролирующего теста или учебной задачи. На рис. 1 приведена типовая структура ЭУ, принятая многими разработчиками [11].

Учебный материал представлен вершинами графа, а отношения - ребрами. Выделены отношения трех типов: иерархические (предок - потомок, часть - целое и т.д.), просмотровые последовательности (вперед - назад); семантические (ассоциативные). В соответствии с иерархическими отношениями структурным компонентам приписываются индексы, каждый из которых отражает путь к соответствующей вершине от корневой (УМ - учебный материал в целом). На

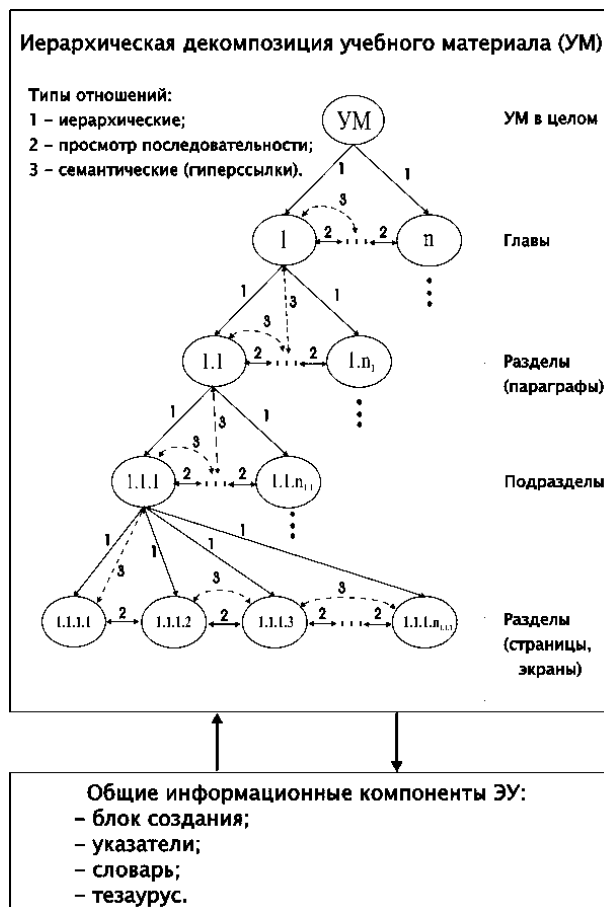


Рис. 1. Типовая структура ЭУ

рис. 1 выделено пять уровней, считая корневую вершину (УМ). В конкретных реализациях ЭУ количество и наименование уровней могут быть различными. Индексы используются для идентификации и адресации структурных компонентов. Структурные компоненты, не имеющие подчиненных (листья на дереве), обычно называются кадрами, страницами, экранами. На множестве соподчиненных вершин одного иерархического уровня, то есть имеющих на предыдущем уровне общую подчиняющую вершину (предок), определяются отношения, служащие для описания порядка предъявления обучаемому соответствующих структурных компонентов. Часто эти отношения называют просмотровыми последовательностями. Семантические отношения связывают структурные компоненты ЭУ, содержание которых обладает смысловой корреляцией. Эти отношения называют гиперссылками или гиперсвязями. Как правило, эти отношения двунаправлены. Таким образом, в структуре ЭУ можно выделить: древовидную структуру, образуемую иерархическими отношениями; сетевую структуру, образуемую гиперсвязями; и структуру, образуемую просмотровыми последовательностями

(в одних случаях это линейная последовательность связей между вершинами, в других - сложная разветвленная структура). Кроме того, в структуре ЭУ, как правило, можно выделить набор общих информационных компонентов, ассоциируемых с учебным материалом, но не охватываемых его иерархической декомпозицией. К их числу относятся: блок содержания, словарь (глоссарий), указатели, тезаурус. Блок содержания практически является обязательной составляющей ЭУ. Целесообразность наличия других общих информационных компонентов определяется авторами ЭУ и зависит от ряда причин, например: объема учебного материала, характера его содержания и т.д. Актуальность реализации словаря (глоссария) зависит от количества концептов, используемых при изложении учебного материала. Чем больше концептов, тем актуальнее разработка словаря. Указатель представляет собой упорядоченную (например, по алфавиту или дате) последовательность информационных объектов (слов, выражений, обозначений и т.д.), ссылающихся на структурные компоненты ЭУ, в которых эти объекты упоминаются (определяются, описываются). Тезаурусом является упорядоченный перечень концептов, в котором указаны семантические отношения между концептами. Наиболее часто в тезаурусах представляются следующие типы отношений: род - вид, часть - целое, цель - средство, класс - элемент, свойство - значение, ассоциация и т.д. Моделью тезауруса служит семантическая сеть. В электронном тезаурусе отношения реализуются гиперссылками, позволяющими осуществлять навигацию по сети концептов, переходя от одного концепта к другому. Можно отметить, что в ряде случаев словарь, указатель и тезаурус интегрируют в один информационный компонент ЭУ. Изложенное описание структуры ЭУ является обобщенным. Описание структуры конкретного ЭУ может в тех или иных аспектах отличаться от представленного при высоком уровне соответствия в целом.

3. Алгоритмизация в обучении

В соответствии с алгоритмическим подходом Л. Ланды [12-14], основной акцент в описываемой среде обучения сделан на адаптивно управляемое и контролируемое решение учебных задач. Сущность алгоритмизации в обучении заключается в решении следующих двух основных проблем:

- разработки алгоритмов решения определенных задач и обучения им учащихся;
- построения алгоритмов самого обучения, т.е. алгоритмов, используемых обучающим (преподавателем или компьютерной системой обучения) в процессе обучения.

Необходимо отметить двойственный характер рассматриваемых алгоритмов решения задач: с одной стороны, они служат средством усвоения некоторой

суммы знаний; с другой стороны, одновременно входят и в содержание цели обучения. Так как в процессе обучения исполнительным устройством для анализируемых алгоритмов является человек (обучаемый), то они существенным образом могут отличаться от математического понятия алгоритма (машины Тьюринга, нормального алгоритма, рекурсивной функции). В отличие от классических алгоритмов (алгоритмов в обычном математическом смысле), операции которых формальны, рассматриваемые алгоритмы допускают операции, имеющие содержательный, субъективный характер, т.е. зависящие от человеческого понимания. Таким образом, элементарность операций, выполняемых обучаемым в процессе решения задач, относительна и зависит от ряда факторов, в том числе и от степени его обученности. Другим допуском является ослабление свойства детерминированности, означающее, что при выполнении алгоритма имеется возможность совершать акты свободного (т.е. не определенного извне) выбора из фиксированного, тем или иным способом, множества альтернатив. Для обозначения алгоритмов с описанными выше свойствами Л. Ландой было введено понятие предписания алгоритмического типа, или алгоритмического предписания [12-14]. Естественно, что предписания алгоритмического типа, как и классические алгоритмы, обладают свойствами массовости и результативности. Разработка алгоритмического предписания является, в общем случае, слабоформализуемой, многокритериальной задачей, решаемой экспертом-педагогом. В результате анализа предметной области обучения выбираются базовые (первичные) элементы, представляющие собой простые понятия (концепты), на основе которых строится рассматриваемый учебный материал. При этом некоторые концепты, являясь базовыми для одной предметной области, в другой могут оказаться сложными, производными концептами. С учетом выбранных концептов и на основе структурно-алгоритмического анализа деятельности по решению задач определенного класса осуществляется выделение типовых операций, составляющих содержание рассматриваемой деятельности. Под типовой операцией понимается законченная по смыслу, учитывающая специфику предметной области обучения операция, предполагающая элементарные действия над концептами. Например, в ИОС грамматике немецкого языка, структурированной с помощью инструментальных средств серии MONAP, концептами являются: артикль, род, число, падеж и т.д., а одна из операций, описывающих склонение прилагательных, представлена в виде правила: "ЕСЛИ перед прилагательным и существительным стоит определенный артикль *der* или одно из местоимений *dieser, jener, solcher, jeder, welcher* и определяемое существительное мужского рода, ТО окончанием прилагательного является *-e*" [4]. Разработка алгоритмического предписания завершается

описанием его логической структуры, указывающей последовательность, в которой необходимо (или целесообразно) выполнять выделенные операции для получения искомого решения. Проблема адаптации обучения (проблема выдачи обучаемому учебной задачи с требуемыми свойствами) сводится к проблеме адаптации алгоритмического предписания к уровню обученности конкретного обучаемого на каждом шаге обучения. При выполнении учебной задачи используется некоторая реализация алгоритмического предписания, характеризуемая используемым набором операций y_j ($y_j \in Y, j = \overline{1, J}$), которые определяют свойства задачи. В общем случае множество реализаций алгоритмического предписания можно разделить на R классов, каждый из которых характеризуется своим (уникальным) подмножеством типов операций Y_r ($r = 1, 2, \dots, R$), используемым для решения задач, то есть: $Y_{r_1} \neq Y_{r_2}$, где $r_1, r_2 \in [1, R]$; $Y_{r_1} \subset Y$; $Y_{r_2} \subset Y$. В свою очередь, каждый r -й класс может содержать несколько реализа-

ций алгоритмического предписания Θ , где каждая реализация, принадлежащая r -му классу, описывается одним и тем же подмножеством типов используемых операций $Y_r \subset Y$. Таким образом, для однозначной идентификации конкретной реализации алгоритмического предписания требуется использовать идентификатор rq ($q = 1, 2, \dots, Q_r$), где r идентифицирует класс реализаций, а q - реализацию внутри класса. Реализации Θ_{rq_1} и Θ_{rq_2} , принадлежащие одному r -му классу, отличаются друг от друга тем, что описываются различными векторами используемых операций L_{rq_1} и L_{rq_2} , то есть: $L_{rq_1} \neq L_{rq_2}$, где $r \in [1, R]$; $q_1, q_2 \in [1, Q_r]$. Проведенная классификация реализаций алгоритмического предписания определяет инвариантные к ПО формы представления операций (база ПРАВИЛА) и свойств учебных задач (база СВОЙСТВА), создаваемых и поддерживаемых инструментальными средствами серии MONAP (рис. 2).

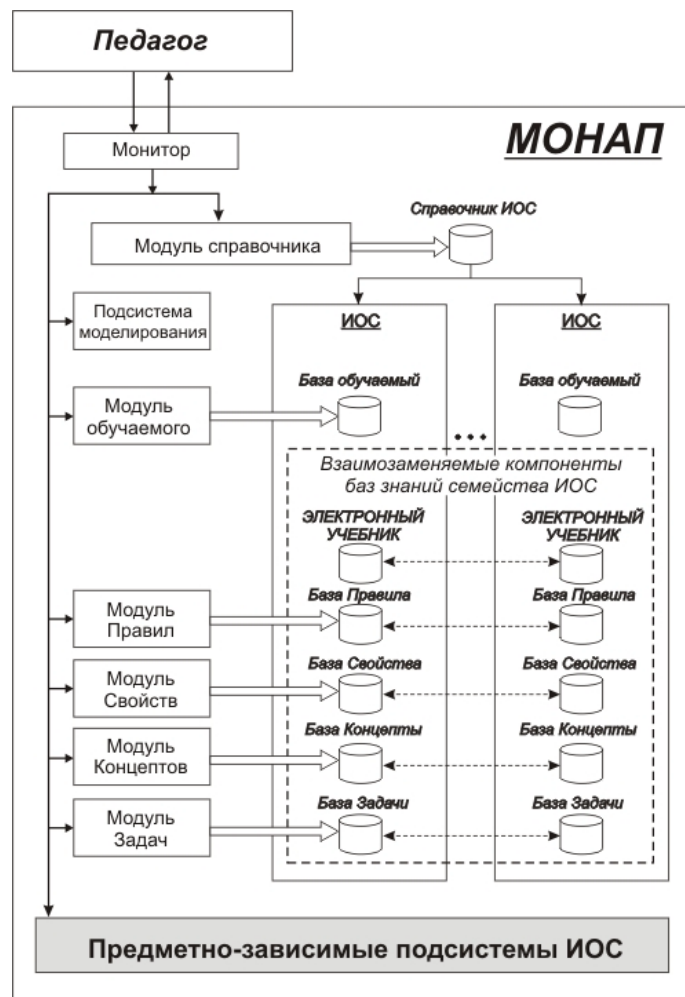


Рис. 2. Структура информационной базы

Запись базы ПРАВИЛА состоит из следующих полей: тип операции j ; текст на естественном языке операции j -го типа, входящей в алгоритмическое предписание, в виде: "ЕСЛИ (условие), ТО (действие)". Запись базы СВОЙСТВА состоит из следующих полей: идентификатор типа учебной задачи rq ; вектор операций $L_{rq} = [L_1, L_2, \dots, L_j, \dots, L_j]$, используемый для решения задач указанного типа, где L_j - число операций j -го типа. Электронный учебник может разрабатываться с помощью любых доступных педагогу инструментов, начиная от текстовых процессоров типа MS Word, содержащих опцию "Сохранить как HTML", или редакторов типа MS FrontPage, Adobe PageMill и кончая специализированными инструментами. Ограничением является обеспечение доступа к учебнику стандартными браузерами (MS IE, NS Navigator). В одной ПО обучения может быть построено значительное число сред обучения, отражающих как различные представления о процессе обучения различных экспертов-педагогов, так и различные представления о нем одного эксперта-педагога для различных групп обучаемых. В связи с этим предусматривается возможность создания в одной ПО обучения множества сред обучения с соответствующим механизмом наследования свойств, обеспечивающим использование тех или иных конкретных компонентов знаний из одной среды обучения в другой (рис. 2).

4. Идентификация умений обучаемого

Ядро оверлейной модели умений обучаемого представлено в виде вектора $P(k) = [P_1(k), P_2(k), \dots, P_j(k), \dots, P_j(k)]$, где $P_j(k)$ - вероятность правильного применения операции j -го типа, вычисляемая с использованием байесовского подхода по результатам решения учебной задачи на k -м шаге обучения [5, 6]. Идентификация знаний обучаемого (определение значений $P_j(k)$) осуществляется следующим образом. Для каждой операции y_j вводится N гипотез H_i , соответствующих N состояниям обученности. Каждому i -му состоянию обученности соответствует условная вероятность $P(B_j(k)/H_i)$ правильного применения операции y_j в каждом из $M_j(k)$ ее применений, равная $P(A_j/H_i)$. Гипотезы H_i образуют полную группу несовместных событий, то есть имеет место: $\sum_{i=1}^N P(A_j/H_i) = 1$, где $P(A_j/H_i)$ - вероятность гипотезы H_i для операции y_j . На каждом шаге обучения наблюдается событие $B_j(k)$, состоящее в правильном

применении j -й операции $M_j(k)$ раз из $L_j(k)$ заданных. Эта информация служит для пересчета распределения вероятностей гипотез H_i с помощью формулы Байеса. Каждый k -й шаг обучения характеризуется априорным и апостериорным распределениями вероятностей гипотез о состояниях обученности H_i и H_s , связанных между собой следующей зависимостью:

$$P_{ij}^j(k) = \frac{P_{ij}^0(k) \times P(B_j(k)/H_i)}{\sum_{s=1}^N P_{sj}^0(k) \times P(B_j(k)/H_s)} \tag{1}$$

где $P_{ij}^0(k)$ - определяется по теореме Бернулли, то есть:

$$P(B_j(k)/H_i) = C_{L_j(k)}^{M_j(k)} \times P(A_j/H_i)^{M_j(k)} \times (1 - P(A_j/H_i))^{L_j(k) - M_j(k)} \tag{2}$$

где $C_{L_j(k)}^{M_j(k)}$ - число сочетаний из $L_j(k)$ по $M_j(k)$. Учитывая, что априорное распределение вероятностей гипотез на k -м шаге совпадает с апостериорным распределением на $(k-1)$ -м шаге, то есть имеет место $P_{ij}^0(k) = P_{ij}^0(k-1)$, формулу (1) можно переписать в виде, который подчеркивает ее рекурсивный характер (учитывается вся история обучения), а именно:

$$P_{ij}^j(k) = \frac{P_{ij}^j(k-1) \times P(B_j(k)/H_i)}{\sum_{s=1}^N P_{sj}^j(k-1) \times P(B_j(k)/H_s)} \tag{3}$$

Вероятность правильного применения операции y_j на k -м шаге определяется по формуле полной вероятности:

$$P_j(k) = \sum_{i=1}^N P_{ij}^j(k) \times P(H_i) \tag{4}$$

Окончательная оценка $P_j(k)$ получается приведением значения, вычисленного по формуле (4), до введенных состояний обученности. Осуществление на k -м шаге обучения контроля ошибок и выдачи необходимых объяснений позволяет вести прогнозирование вероятности правильного применения операций y_j на $(k+1)$ -й шаг обучения:

$$P_j(k+1) = P_j(k) \times P_j(k) \tag{5}$$

5. Определение релевантного учебного материала

Выдача обучаемому релевантного учебного материала по результатам решения учебной задачи

обеспечивается установлением взаимосвязи операций и концептов. Взаимосвязь операций (правил) и концептов отражает отношение $E \subseteq Y \times X$, где Y - множество операций, а X - множество концептов. Это отношение задается матрицей $\|e_{ji}\|$, строки которой соответствуют операциям $y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_J$, а столбцы - концептам $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_T$. Элемент матрицы $\|e_{ji}\|$ определяется следующим образом:

$$e_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{если в операции } y_j \text{ используется} \\ & \text{концепт } x_i; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (6)$$

На рис. 3 представлен пример матрицы $\|e_{ji}\|$ с дополнительной нижней строкой, содержащей элементы $a_t (t = \overline{1, T})$, где $a_t = \sum_j e_{ji}$ - количество операций из всего множества операций Y в которых используется концепт x_t .

ОПЕРАЦИИ (ПРАВИЛА)	КОНЦЕПТЫ					
	x_1	x_2	...	x_i	...	x_T
y_1	1	1	...	0		0
y_2	0	1	...	0		1
...
y_j	1	0		1		0
...
y_J	0	0		1		1
	a_1	a_2	...	a_t	...	a_T

Рис. 3. Матрица взаимосвязи операций и концептов

Матрица $\|e_{ji}\|$ является формализованным описанием структур операций. Для обеспечения программной реализации описываемого метода адаптации каждая запись файла ПРАВИЛА расширяется соответствующей строкой матрицы $\|e_{ji}\|$. В соответствии с изложенным выше алгоритмическим подходом концепт, используемый в операции, является ее неотъемлемой частью. Следовательно на каждом k -м шаге обучения уровень усвоения обучаемым каждого концепта, используемого в операции y_j , не может быть ниже уровня усвоения этой операции в целом на этом же шаге, то есть $w_i(k) \geq P_j(k)$, где $w_i(k)$ - оценка

уровня усвоения концепта x_i . Более точно вычислить $w_i(k)$ по результату выполнения операции y_j в общем случае нельзя из-за отсутствия адекватной обратной связи. Как правило, необходимая обратная связь обеспечивается путем проведения с обучаемым уточняющего диалога, который является предметно-зависимым и, следовательно, не может использоваться для построения инвариантных к ПО методов оценки знаний обучаемого. В связи с тем что при решении учебной задачи на k -м шаге обучения один и тот же концепт может использоваться в разных операциях, то для вычисления интегрированной оценки уровня усвоения концепта необходимо учитывать уровень усвоения этих операций. Таким образом, интегрированную оценку уровня усвоения $w_i(k)$ концепта x_i по результатам выполнения учебной задачи, на k -м шаге обучения предлагается вычислять по следующей формуле:

$$w_i(k) = \frac{\sum_j e_{ji} \cdot P_j(k)}{a_i} \quad (7)$$

Аналогично взаимосвязи операций и концептов (рис. 3) задается взаимосвязь страниц ЭУ и концептов, описанных на этих страницах. Эту взаимосвязь отражает отношение $F \subseteq S \times X$, где S - множество страниц ЭУ с типовой структурой (рис. 1), а X - множество концептов. Отношение F задается матрицей $\|f_{gt}\|$, строки которой соответствуют страницам $s_1, s_2, \dots, s_g, \dots, s_G$, а столбцы - концептам $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_T$. Элемент матрицы $\|f_{gt}\|$ определяется следующим образом:

$$f_{gt} = \begin{cases} 1, & \text{если на странице } s_g \text{ описан} \\ & \text{концепт } x_i; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (8)$$

Оценка неуспеваемости $b_g(k)$ обучаемым на k -м шаге обучения знаний, изложенных на странице ЭУ вычисляется по формуле:

$$b_g(k) = \frac{\sum_t f_{gt} \cdot (1 - w_t(k))}{\sum_t f_{gt}} \quad (9)$$

Использование при расчете $b_g(k)$ значений $w_t(k)$, вычисляемых на основе значений $P_j(k)$, обеспечивает учет предыстории выполнения обучаемым учебных задач, что является необходимым требованием при построении адаптивных систем обучения.

По завершении выполнения задачи в случае наличия ошибок формируется сообщение, содержащее перечень ссылок на страницы ЭУ (рис. 1) с указани-

ем обучаемому вернуться к проработке представленного в них учебного материала. Перечень страниц ЭУ сортируется по убыванию значений $b_s(k)$, то есть обучаемому предлагается проработать в первую очередь те страницы, которые хуже усвоены. Реализация предложенного метода определения релевантных страниц ЭУ, соответствующих знаниям и умениям обучаемого на k -м шаге обучения, потребовала расширения среды обучения, создаваемой и поддерживаемой инструментальными средствами серии MONAP [4-6]. Для обеспечения связи между концептами ЭУ и операциями ИОС введен новый параметр интегрированной среды обучения - "число изучаемых концептов" (рис. 4).

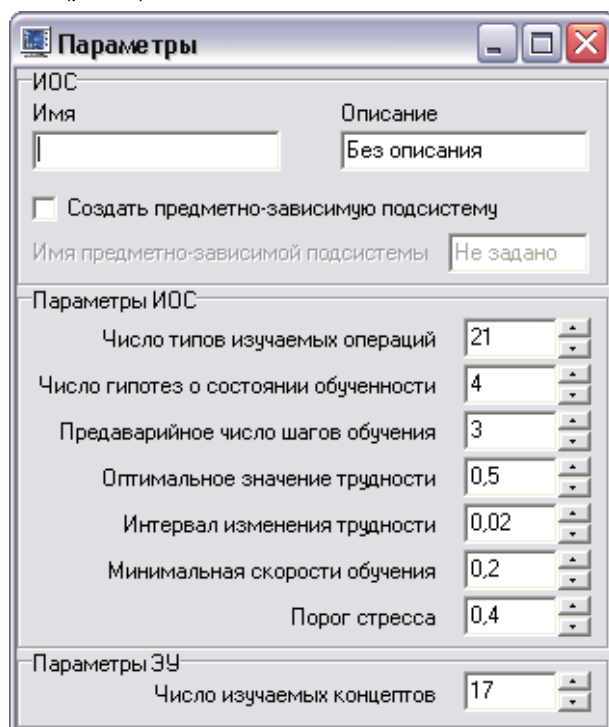


Рис. 4. Параметры модели обучения

Наряду с модификацией файла ПРАВИЛА создается и поддерживается файл КОНЦЕПТЫ, представляющий собой матрицу \square . Функцию матрицы \square может выполнять и соответствующим образом организованный тезаурус, входящий в общие информационные компоненты ЭУ (рис. 1). В этом случае файл КОНЦЕПТЫ может не создаваться.

6. Заключение

Эффективность автоматизации процесса обучения в виртуальном университете во многом определяется прогрессом, достигнутым при решении следующих проблем: создание многофункциональных

средств разработки и поддержки виртуальных университетов и внедрения адаптивных технологий в учебный процесс этих виртуальных университетов. В качестве основной цели обучения рассматривается усвоение умений, достигаемое с помощью решения учебных задач. В соответствии с поставленной целью разработана частично интегрированная среда обучения, включающая в себя ЭУ и ИОС. Адаптация к обучаемому основана на оверлейной модели умений, создаваемой и поддерживаемой инструментальными средствами серии MONAP. Разработан новый, дополнительный метод адаптации, интегрированный в инструментальные средства. На каждом шаге обучения по результатам решения учебной задачи определяется релевантный для обучаемого учебный материал, изложенный в ЭУ: обучаемому предлагается проработать в первую очередь те страницы, которые хуже усвоены.

Литература

1. Brusilovsky, P. Course Delivery Systems for the Virtual University // In: F. T. Tschang and T. Della Senta (eds.): Access to Knowledge: New Information Technologies and the Emergence of the Virtual University. Amsterdam: Elsevier Science and International Association of Universities, 2001, p. 167-206
2. Brusilovsky, P. Methods And Techniques Of Adaptive Hypermedia. User Modeling and User-Adapted Interaction, 6 (2-3), 1996, p. 87-129
3. De Bra, P., Stash, N. AHA! A General-Purpose Tool for Adaptive Websites. Proceedings of the World Wide Web Conference, Poster Session, May 2002, Springer LNCS 2347, p. 381-384.
4. Galeev. Automation of the ETS Desing, Educational Technology - September-October 1999. - V. XXXIX, No 5. - P. 11-15.
5. Galeev I., Chepegin V. and Sosnovsky S. MONAP: Models, Methods and Applications, Proceedings of the International Conference KBCS 2000, Mumbai, India. - P. 217-228.
6. Галеев, И.Х. МОНАП-II - авторские средства проектирования интеллектуальных обучающих систем / И.Х. Галеев, В.И. Чепегин, С.А. Сосновский // ISSN 0130-5395 УСИМ: Управляющие системы и машины, № 3/4. 2002. - С. 80-86.
7. Ildar Galeev, Larissa Tararina and Oleg Kolosov "Problems of building adaptive integrated learning environments", in Vladan Devedzic, J. Michael Spector, Demetrios G. Sampson and Kinshuk (ed): Proceedings of 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2003), Athens, Greece, July 9-11, 2003, p. 486.
8. Ildar Galeev, Larissa Tararina, Oleg Kolosov Vlad Kolosov, Structure and implementation of partially integrated adaptive learning environment, in Allison Rossett (ed): Proceedings of E-Learn 2003, Phoenix, Arizona USA, November 7-11, 2003, p. 2151-2154.
9. Ildar Galeev, Larissa Tararina and Oleg Kolosov "Development of software tools for intelligent tutoring

systems", in Lora Aroyo and Carlo Tasso (ed): Workshop Proceedings (Part I) of 3rd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (AH'2004), Eindhoven, The Netherlands, August 23-26, 2004, p. 14-19.

10. *Ildar Galeev, Larissa Tararina and Oleg Kolosov* "Adaptation on the basis of the skills overlay model", in Kinshuk, Chee-Kit Looi, Erkki Sutinen, Demetrios Sampson, Iganacio Aedo, Lorna Uden and Esko Kahkonen (ed): Proceedings of 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2004), Joensuu, Finland, August 30 - September 1, 2004, p. 648-650.

11. *Башмаков, А.И.* Разработка компьютерных учебников и обучающих систем / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков. - М. : Информационно-издательский дом "Филинь", ISBN 5-9216-0044-X 2003. - 616 с.

12. *Ланда, Л.Н.* Алгоритмизация в обучении / Л.Н. Ланда. - М. : Просвещение, 1966. - 523 с.

13. *Ланда, Л.Н.* Принципы алгоритмизации в обучении иностранным языкам / Л.Н. Ланда // Вопросы алгоритмизации и программирования обучения. - Вып. 2. - М. : Педагогика, 1973. - С. 118-168.

14. *Landa, L.* Algorithmization in Learning and Instruction. Englewood Cliffs, NJ: Education Technology Publications, 1974.