



ГАПАНЮК ЮРИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ, МЕТОДИКИ И СРЕДСТВ
СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ XML**

Специальность 05.13.17 – Теоретические основы информатики

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Москва – 2006

[illegible]

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы

В последнее время, в связи с развитием Интернет, активно развивается обучение через Сеть. Все более актуальной становится разработка специализированного программного обеспечения, предназначенного для обучения с использованием технологий Интернет.

Предметом рассмотрения данной работы являются автоматизированные учебные пособия. Автоматизированные учебные пособия обладают по сравнению с обыкновенными бумажными пособиями такими преимуществами, как возможность поиска по тексту, использование гипертекста и гипермедиа. Автоматизированные учебные пособия на базе Интернет-технологии также обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными автоматизированными учебными пособиями. Это – возможность оперативного обновления учебных материалов, решение проблемы совместимости программного обеспечения, возможность включения в учебное пособие ссылок в Интернет.

В настоящее время учебные пособия, как правило, создаются с использованием формата HTML. К основным недостаткам таких пособий можно отнести: отсутствие описания логического уровня учебного пособия; невозможность контекстного поиска по учебным материалам; недостаточное удобство при изменении учебных материалов; отсутствие компоненты, позволяющей сохранять информацию, необходимую для дальнейшей доработки и создания следующих версий пособия.

Цель и основные задачи работы

Целью работы является создание модели и средств описания автоматизированного учебного пособия, ориентированного на использование технологий Интернет, которое в процессе обучения позволяет сохранять информацию, необходимую для дальнейшей доработки и создания следующих версий пособия.

В работе решаются следующие задачи:

- 1) создание модели автоматизированного учебного пособия;
- 2) создание языка описания учебных пособий на основе модели данных XML;
- 3) разработка системы создания и просмотра автоматизированных учебных пособий.

Методы исследований

В работе используется теория множеств, теория алгебр, теория графов и теория функциональных языков.

Жизнь

Жизнь гана модель автоматизированного учебного пособия, позволяющая описывать учебное пособие и результаты обучения. Разработанная модель имеет следующие подмодели: модель обучающего пространства пособия, модель жизни, модель текущих знаний обучаемого, модель профиля учебного



2) Проведено исследование модели с использованием теории алгебр. Введены алгебры на учебных пособиях и функция от учебных пособий, которые позволяют получать новые пособия на основе существующих с помощью операций объединения, пересечения, разности и симметрической разности; получать профили пособия для различных групп обучаемых.

3) Разработаны алгоритмы: опроса обучаемых с использованием блока контрольных вопросов, формирования дерева текущих знаний обучаемого, формирования профиля учебного пособия, вычисления функции от учебных пособий.

4) Создан язык описания автоматизированных учебных пособий ЕСМЛ, что позволило решить задачу автоматизации создания учебных пособий и упростить разработку системы создания и просмотра автоматизированных учебных пособий.

Практическая ценность

1) Разработана методика создания и использования автоматизированного учебного пособия, учитывающая особенности предложенной модели. Особенностью методики является возможность оценки учебных материалов в процессе обучения, что позволяет определять недостатки текущей версии пособия.

2) Разработана система создания и просмотра автоматизированных учебных пособий, реализующая методику создания и использования автоматизированного учебного пособия с помощью разработанного языка ЕСМЛ. Система состоит из подсистемы создания пособий, реализованной с использованием Microsoft InfoPath, и подсистемы просмотра пособий, реализованной в виде Web-приложения на платформе Java с использованием технологии Java Server Pages.

Апробация работы

Содержание отдельных разделов и диссертации в целом было доложено:

1) на семинарах и заседаниях кафедры «Системы обработки информации и управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана;

2) на научно-технической конференции, посвященной 170-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана 21-23 ноября 2000 г;

3) на Всероссийской научно-технической конференции «Технологии Microsoft в теории и практике программирования» 17-18 февраля 2005 г.

Публикации

Основные результаты диссертации опубликованы в 7 печатных работах.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 172 страницах машинописного текста, содержит список литературы, включающий 87 наименований.

Содержание работы

Схема диссертационного исследования представлена на рис. 1.

В разделе «Введение» обосновывается актуальность темы диссертации, рассматриваются преимущества Интернет-технологии для разработки автоматизированных учебников и учебных пособий, формулируются цель и задачи

работы.

В первой главе дается определение автоматизированного учебника и автоматизированного учебного пособия, проводится анализ существующих подходов к разработке автоматизированных учебников и учебных пособий, формулируются требования к автоматизированному учебному пособию, рассматривается использование технологии XML для описания обучающих ресурсов.

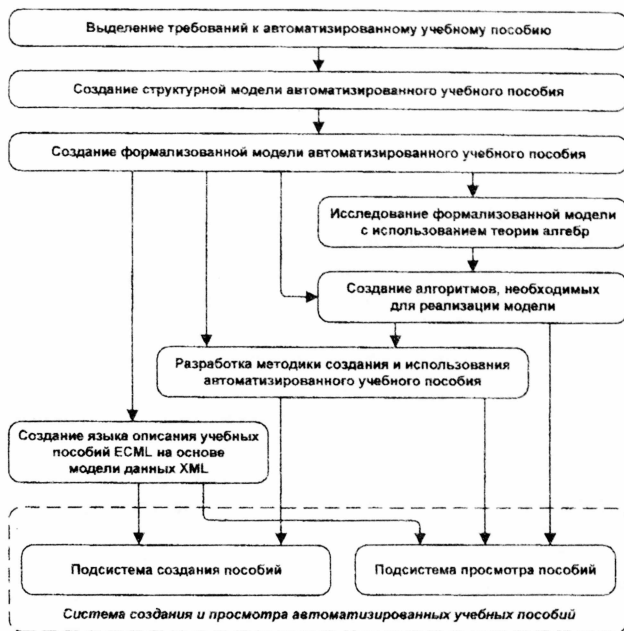


Рис. 1. Схема диссертационного исследования

Под автоматизированным учебным пособием понимается учебное пособие, в котором может быть отражена часть какой-либо учебной дисциплины, содержание которого создается, хранится и доводится до обучаемого с использованием автоматизированных информационных технологий.

На основе анализа существующих подходов к созданию автоматизированных учебников и учебных пособий в диссертации выделены основные требования к автоматизированным учебным пособиям, которые являются основой для разработки модели учебного пособия.

В результате рассмотрения рекомендаций IMS и SCORM по использованию технологии XML для описания обучающих ресурсов можно сделать вывод о том, что данные рекомендации не обеспечивают выполнение всех требований к автоматизированному учебному пособию. Таким образом, возникает необходимость в разработке языка описания автоматизированных учебных

пособий на основе технологии XML, который обеспечивает выполнение требований к автоматизированному учебному пособию.

Во второй главе разрабатывается модель автоматизированного учебного пособия, предназначенная для описания учебных пособий и результатов обучения. Проводится исследование разработанной модели с использованием теории алгебр. Разрабатываются алгоритмы, необходимые для реализации модели: алгоритм опроса обучаемых с использованием блока контрольных вопросов, алгоритм формирования дерева текущих знаний обучаемого, алгоритм формирования профиля учебного пособия, алгоритм вычисления функции от учебных пособий. Разрабатывается методика создания и использования автоматизированного учебного пособия.

На основе требований, сформулированных в первой главе, разработана структурная модель автоматизированного учебного пособия, представленная на рис. 2.

На основе структурной модели разработана формализованная модель автоматизированного учебного пособия, которая позволяет описать учебное пособие, процесс и результаты обучения.

Рассмотрим основные элементы формализованной модели. Автоматизированное учебное пособие определяется следующим образом:

$$CRS = \langle LS, UP, TR, CK, PR \rangle,$$

где CRS – автоматизированное учебное пособие; LS – обучающее пространство учебного пособия; UP – профили обучаемых и преподавателей; TR – трек обучения; CK – модель текущих знаний обучаемого; PR – профиль учебного пособия.

$$LS = \langle CRST, LG, LGR, CT, EM, L, DEF, Q, LNK, EVT \rangle,$$

где CRST – информация об учебном пособии; LG – дерево учебных целей; LGR – множество исходных требований к подготовке обучаемого; CT – дерево содержания учебного пособия; EM – множество учебных материалов; L – множество внешних источников; DEF – глоссарий; Q – множество контрольных вопросов; LNK – множество внутренних связей; EVT – параметры оценки учебного пособия.

$$LG = \langle LGN, LGS \rangle, LGN = \{ lg_i \},$$

$$lg_i = \langle lg_{NM}, lg_T, lg_{PRE} \rangle, lg_T \in LGT, LGT = \{ lgt_T, lgt_P, lgt_O \},$$

где LGN – множество вершин дерева учебных целей; LGS – множество ребер дерева, отражающее связи между учебными целями; lg_i – учебная цель; lg_{NM} – наименование учебной цели; lg_T – тип учебной цели; lg_{PRE} – признак того, что данная учебная цель должна быть предварительно изучена; LGT – множество типов учебных целей; lgt_T – «теоретическая» учебная цель, lgt_P – «практическая» учебная цель, lgt_O – «обобщенная» учебная цель.

$$LGR = \{ lr_i \} \subset LGN, lr_i = lg_j, lg_{PRE} \neq \emptyset,$$

где LGR – множество исходных требований к подготовке обучаемого; lr_i – элемент множества LGR; LGN – множество вершин дерева учебных целей; lg_j – учебная цель; lg_{PRE} – признак предварительной изученности учебной цели.

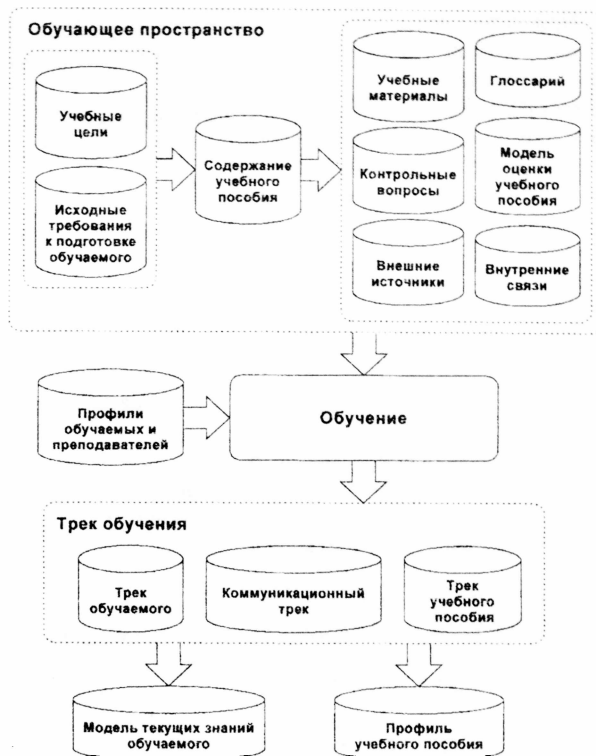


Рис. 2. Структурная модель автоматизированного учебного пособия

$EM = \{P, E\}$, $p_i = \langle p_{NM}, p_T, \{U_i\}, \{e_i\} \rangle$, $p_i \in P$, $p_T \in PT$, $PT = \{p_T, p_P\}$, где P – множество обучающих страниц; E – множество учебных элементов; p_i – обучающая страница; p_{NM} – наименование обучающей страницы; p_T – тип обучающей страницы; U_i – уровень подробности представления учебного материала; e_i – учебный элемент; PT – множество типов обучающих страниц; p_T – «теоретическая» обучающая страница, p_P – «практическая» обучающая страница.

$$U_i = \langle U_{NM}, ul, \{e_i, e_{UL} \leq ul\} \rangle, e_i \in p_i$$

где U_{NM} – наименование уровня подробности; ul – количественное значение уровня подробности; e_i – учебный элемент; e_{UL} – количественное значение уровня подробности для учебного элемента; p_i – обучающая страница.

При просмотре страницы обучаемый может выбирать уровень подробности. Учебный элемент e_i отображается только в том случае, если количественное значение уровня подробности для данного учебного элемента меньше или равно количественному значению уровня подробности представления учебного материала, задаваемому обучаемым ($e_{UL} \leq ul$).

Уровни подробности учебного материала позволяют обеспечить несколько вариантов представления страницы для обучаемых с различными уровнями

подготовки. При этом возможно как увеличение страницы путем введения дополнительных учебных материалов, так и уменьшение страницы, создание ее конспективного варианта.

Таким образом, в учебное пособие можно включать вспомогательные примеры и разъяснения, при этом они не загромождают учебное пособие, так как уровень подробности выбирается обучаемым.

$$e_i = \langle e_{NM}, e_T, e_{UL}, e_P \rangle, e_i \in E, e_T \in ET, ET = E_M \cup E_D \cup E_L \cup E_C,$$

где e_i – учебный элемент; e_{NM} – наименование учебного элемента; e_T – тип учебного элемента; e_{UL} – количественное значение уровня подробности для учебного элемента; e_P – множество параметров, характеризующих учебный элемент в зависимости от его типа; E – множество учебных элементов; ET – множество типов учебных элементов; E_M – подмножество элементов разметки; E_D – подмножество «дидактических» обучающих элементов; E_L – подмножество элементов, предназначенных для создания связей; E_C – подмножество «контейнерных» элементов.

$$L = L_I \cup L_B, li_j = \langle li_{NAME}, li_{URI}, li_{DESC} \rangle, li_j \in L_I,$$

где L_I – множество внешних электронных источников; L_B – множество внешних бумажных источников; li_j – внешний электронный источник; li_{NAME} – наименование электронного источника; li_{URI} – URI источника; li_{DESC} – описание источника.

Вынесение ссылок на внешние источники в отдельное множество облегчает разработчику учебного пособия контроль над изменениями внешних URI, а также предоставляет возможность автоматического контроля внешних URI.

$$DEF = \{ def_i \}, def_i = \langle def_T, def_D \rangle, def_D = \{ e_i \}, e_i \in E,$$

где def_i – элемент глоссария; def_T – термин; def_D – определение термина.

$$Q = QS \cup QB, QS = \{ QS_i \}, QS_i = \{ q_j \},$$

$$q_j = \langle qt, a_r, p_r, \{ a_{wi}, p_{wi} \} \rangle, p_r \in P, p_{wi} \in P,$$

где QS – множество наборов контрольных вопросов; QB – множество блоков контрольных вопросов; QS_i – набор контрольных вопросов; q_j – контрольный вопрос; qt – текст вопроса; a_r – правильный вариант ответа на контрольный вопрос; p_r – обучающая страница, подтверждающая правильность ответа a_r ; a_{wi} – неправильный вариант ответа; p_{wi} – обучающая страница, объясняющая неправильность ответа a_{wi} .

$$QB = \{ qb_i \}, qb_i = \bigcup_{i=1}^N qs_i, qs_i \subset QS_j, |qs_i| = qs_{ni}, \sum_{i=1}^N qs_{ni} = QB_n,$$

где qb_i – блок контрольных вопросов; qs_i – подмножество вопросов из набора контрольных вопросов QS_j ; qs_{ni} – мощность подмножества qs_i ; N – количество используемых наборов вопросов; QB_n – количество вопросов в блоке вопросов qb_i .

Блок контрольных вопросов является объединением подмножеств контрольных вопросов qs_i из различных наборов QS_j , при этом требуемое количество вопросов из каждого набора qs_{ni} определяется разработчиком учебного пособия.

Блок контрольных вопросов отличается от обыкновенного теста следующим: каждый вопрос предлагается обучаемому не один раз, а возможно многократно, до тех пор, пока обучаемый не ответит на данный вопрос правильно. При этом

подсчитывается число неправильных ответов обучаемого. Каждый вопрос содержит список возможных ответов, из которых правильным является только один.

Для определения степени правильности ответов обучаемого на контрольные вопросы в данной модели используется коэффициент правильности ответа обучаемого на блок контрольных вопросов K_r .

$$K_r = \frac{A_t - QB_n}{A_{\max} - QB_n}, \quad A_t = \sum_{i=1}^{QB_n} A_{ti}, \quad A_{\max} = \sum_{i=1}^{QB_n} A_{ni},$$

где A_t – количество правильных и неправильных попыток ответов на вопросы; $A_{\max}$ – максимальное количество возможных ответов на вопросы; QB_n – количество вопросов в данном блоке вопросов.

Для преобразования коэффициента K_r в оценку по пятибалльной шкале K_5 используется функция $K_5 = f_E(K_r)$. Областью определения является используемый диапазон для $K_r \in [0;1]$, а областью допустимых значений диапазон для $K_5 \in [0;5]$. Параметры функции задаются разработчиком учебного пособия.

$$LNK = \{lnk_i\}, \quad lnk_i = \langle \{edl_i\}, \{edl_o, ilc\} \rangle, \quad edl_i \in E_L,$$

$$edl_o \in (\{edlp_o\} \cup QB \cup DEF \cup L), \quad edlp_o \in E_L, \quad ilc = \langle \{p_i\}, \{qb_j, K_{s_j}\} \rangle,$$

где lnk_i – внутренняя связь; edl_i – вход внутренней связи; edl_o – выход внутренней связи; ilc – условие, накладываемое на выход связи; E_L – множество учебных элементов, предназначенных для создания связей; $edlp_o$ – выход внутренней связи на обучающую страницу; $\{p_i\}$ – множество обучающих страниц, которые необходимо предварительно посетить; $\{qb_j, K_{s_j}\}$ – множество блоков контрольных вопросов, на вопрос qb_j необходимо предварительно ответить на оценку не ниже K_{s_j} по пятибалльной шкале.

$$CT = \langle CTN, CTS \rangle, \quad CTN = CTR \cup CTP \cup CTL \cup CTQ, \quad ct_n \in CTN,$$

$$CTR = \{ctr_i\}, \quad ctr_i = \langle ct_A, \{ct_i\} \rangle, \quad ct_i \in CTN,$$

$$CTP = \{ctp_i\}, \quad ctp_i = \langle ct_A, p_j, \{lg_i\} \rangle, \quad \{lg_i\} \in LGN, \quad p_j \in P,$$

$$CTL = \{ctl_i\}, \quad ctl_i = \langle ct_A, li_j, \{lg_i\} \rangle, \quad \{lg_i\} \in LGN, \quad li_j \in L_I,$$

$$CTQ = \{ctq_i\}, \quad ctq_i = \langle ct_A, qb_j, \{lg_i, K_{s_j}\} \rangle, \quad \{lg_i\} \in LGN, \quad qb_j \in QB,$$

где CT – дерево содержания учебного пособия; CTN – множество вершин дерева; CTS – множество ребер дерева, отражающее связи между элементами содержания; CTR – множество элементов содержания, соответствующих разделам и подразделам учебного пособия; CTP – множество элементов содержания, соответствующих обучающим страницам; CTL – множество элементов содержания, соответствующих внешним источникам; CTQ – множество элементов содержания, соответствующих блокам контрольных вопросов; ct_n – элемент содержания; ctr_i – раздел; ct_A – наименование элемента оглавления; $\{ct_i\}$ – множество дочерних элементов оглавления; ctp_i – элемент оглавления, соответствующий обучающей странице; p_j – обучающая страница; lg_i – учебная цель; ctl_i – элемент оглавления, соответствующий внешнему электронному источнику; li_j – ссылка на внешний источник; ctq_i – элемент оглавления, соответствующий блоку контрольных вопросов; qb_j – блок контрольных вопросов; K_{s_j} – оценка по пятибалльной шкале.

$$EVT = \langle EVT_F, GFS \rangle,$$

где EVT_F – множество показателей оценок, формируемых на основе опроса обучаемых; GFS – множество целевых функций.

$$EVT_F = \{ evf \}, evf = \langle evf_N, evf_O, evf_{ST}, \{LST_i\} \rangle, evf_{ST} \in ST,$$

где evf – показатель оценки; evf_N – наименование показателя; evf_O – описание показателя; evf_{ST} – тип шкалы; $\{LST_i\}$ – множество типов элементов обучающего пространства, для которых используется показатель; ST – множество типов используемых шкал.

В данной модели используются три типа шкал, $ST = \{st_1, st_2, st_3\}$, а также “универсальная” шкала st_U , на основе которой вычисляются значения целевых функций. “Универсальная” шкала st_U имеет традиционный диапазон $[0; 5]$, оптимальным значением является максимальное значение “5”. Шкала st_1 совпадает с универсальной. Шкала st_2 совпадает с универсальной по диапазону, но оптимальным значением является минимальное значение шкалы. Пересчет в универсальную шкалу осуществляется по формуле $st_U = 5 - st_2$. Шкала st_3 имеет диапазон $[-5; 5]$, оптимальным является среднее значение “0”. Пересчет в универсальную шкалу осуществляется по формуле $st_U = 5 - |st_3|$.

Значение показателя evf_V для элемента обучающего пространства вычисляется как среднее значение по “универсальной” шкале по оценкам всех обучаемых. Целевая функция оценки элементов обучающего пространства используется для выделения “узких мест” учебного пособия.

$$evf_V = \frac{\sum_{i=1}^{FR_{EA}} st_{U_i}}{FR_{EA}}, \quad GFS = \{ GF \}, GF(\{evf_i\}) = \frac{\sum_{i=1}^N (efc_i \cdot evf_{V_i})}{\sum_{i=1}^N efc_i},$$

где st_{U_i} – значение i -й оценки, вычисленное по “универсальной” шкале; FR_{EA} – количество оценок учебного элемента по данному показателю; GFS – множество целевых функций; GF – целевая функция; $\{evf_i\}$ – множество показателей, на основе которых вычисляются значения целевой функции; efc_i – вес i -го показателя; evf_{V_i} – значение i -го показателя; N – количество показателей.

$$UP = \{ UP_i \}, UP_i = \langle UP_{NM}, UP_{LGN}, UP_{PWD}, UP_P, UP_T \rangle,$$

$$UP_P = \{ bm_j \}, bm_j = \langle LS_i, bm_{CMT} \rangle,$$

где UP – множество профилей; UP_i – профиль; UP_{NM} – имя обучаемого; UP_{LGN} – идентификатор для работы с учебными пособиями; UP_{PWD} – пароль для работы с учебными пособиями; UP_P – информация о персонализации пособия; UP_T – признак профиля преподавателя; bm_j – закладка, соответствующая элементу обучающего пространства; LS_i – элемент обучающего пространства; bm_{CMT} – текст закладки.

$$TR = \langle \{TR_U\}, TR_E, TR_C \rangle,$$

где TR – трек обучения; TR_U – трек обучаемого; TR_E – трек учебного пособия; TR_C – коммуникационный трек.

$$TR_U = \langle up, \{tue_i\} \rangle, tue_i = \langle t_1, t_2, evt_U \rangle, evt_U \in TE_U,$$

$$TE_U = \{ tu_P, tu_{QB}, tu_{DEF}, tu_L, tu_{LNK} \},$$

где up – идентификатор профиля обучаемого; tue_i – событие трека обучаемого; t_1 – время начала события; t_2 – время окончания события; evt_U – тип события трека

обучаемого; TE_U – множество типов событий трека обучаемого; tu_P – событие, связанное с просмотром обучающей страницы; tu_{QB} – событие, связанное с ответом обучаемого на блок контрольных вопросов; tu_{DEF} – событие, связанное с просмотром элемента глоссария; tu_I – событие, связанное с посещением внешнего источника; tu_{LNK} – событие, связанное с переходом по внутренней связи.

$$TR_E = \{tee_i\}, tee_i = \langle t, up_i, LS_i, evf, evf_{VS}, evf_V \rangle,$$

где tee_i – событие трека учебного пособия; t – время события; up_i – идентификатор профиля обучаемого; LS_i – элемент обучающего пространства; evf – показатель оценки; evf_{VS} – значение показателя по шкале показателя; evf_V – значение показателя по универсальной шкале.

$$TR_C = \{ctc_i\}, ctc_i = \langle LS_i, up_i, ctc_N, ctc_D, ctc_T, \{ctc_j\} \rangle,$$

$$ctc_j = \langle up_i, ctc_N, ctc_M, ctc_e, ctc_P, ctc_{TP} \rangle, ctc_{TP} = \langle ctt_1, ctt_2, ctt_3 \rangle,$$

где ctc_i – конференция; LS_i – элемент обучающего пространства, к которому относится конференция; up_i – идентификатор профиля обучаемого; ctc_N – наименование конференции; ctc_D – описание конференции; ctc_T – время создания; $\{ctc_j\}$ – множество сообщений; ctc_N – наименование сообщения; ctc_M – текст сообщения; ctc_e – время создания сообщения; ctc_P – ссылка на родительское сообщение, если данное сообщение является ответом; ctc_{TP} – тип сообщения; ctt_1 – сообщение общего вида; ctt_2 – вопрос; ctt_3 – ответ на вопрос.

$$CK = \langle CKN, CKS \rangle, CKN = \{ck_i\},$$

$$ck_i = \langle lg_i, P_{CT}, L_{CT}, QBK_{CT}, P_{TR}, L_{TR}, QBK_{TR}, \{ctc_i\}, KS, KFS, NK_r, TK_r \rangle,$$

$$QBK_{CT} = \{qb_i, K_{CTi}\}, QBK_{TR} = \{qb_i, K_{TRI}\}, lg_i \in LGN,$$

где CK – дерево текущих знаний обучаемого; CKN – множество вершин дерева; CKS – множество ребер дерева; ck_i – вершина дерева текущих знаний; lg_i – учебная цель, которой соответствует данная вершина; P_{CT} – множество обучающих страниц, связанных с данной учебной целью через содержание учебного пособия; L_{CT} – множество внешних источников, связанных с данной учебной целью через содержание учебного пособия; QBK_{CT} – множество блоков контрольных вопросов qb_i , каждый из которых необходимо изучить на уровне K_{CTi} ; P_{TR} – множество обучающих страниц, связанных с данной учебной целью через трек обучаемого; L_{TR} – множество внешних источников, связанных с данной учебной целью через трек обучаемого; QBK_{TR} – множество блоков контрольных вопросов qb_i , каждый из которых изучен на уровне K_{TRI} ; ctc_i – конференция коммуникационного трека; KS – коэффициент изученности учебной цели; KFS – коэффициент полной изученности учебной цели; NK_r – коэффициент правильности ответа обучаемого на контрольные вопросы для блоков контрольных вопросов, относящихся непосредственно к данной учебной цели; TK_r – коэффициент правильности ответа обучаемого на контрольные вопросы для блоков контрольных вопросов, связанных с данной учебной целью и ее подцелями.

$$KS = KS_T \wedge KS_Q, KS_T = KS_{TP} \wedge KS_{TL},$$

$$KS_{TP} = (P_{CT} \subseteq P_{TR}), KS_{TL} = (L_{CT} \subseteq L_{TR}),$$

$$KS_Q = KS_{QA} \wedge KS_{QK}, KS_{QA} = (QBK_{CT} \subseteq QBK_{TR}),$$

$$KS_{QK} = ((K_{CTi} \leq K_{TRI}), \forall qb_i, qb_i \in QBK_{CT}, qb_i \in QBK_{TR}),$$

$$KFS = ((\bigwedge_i KFS_i) \wedge KS, KFS_i \in ck_i \in CKN),$$

где KS_T – коэффициент теоретической изученности учебной цели; KS_Q – коэффициент практической изученности учебной цели; KS_{TP} – коэффициент изученности обучающих страниц; KS_{TL} – коэффициент изученности внешних источников; KS_{QA} – коэффициент практической изученности блоков контрольных вопросов; KS_{OK} – коэффициент правильности изученности блоков контрольных вопросов; K_{CTi} – коэффициент правильности ответа обучаемого из содержания учебного пособия; K_{TRI} – коэффициент правильности ответа обучаемого из трека обучения; qb_i – изученный блок контрольных вопросов, связанный с данной учебной целью; KFS_i – коэффициент полной изученности i -й подцели текущей учебной цели.

Учебная цель lg_i считается полностью выполненной, если коэффициент полной изученности KFS истинен, то есть выполнена учебная цель и все ее подцели.

$$NK_r = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^{N_{QB}} K_{ri}}{N_{QB}}, N_{QB} > 0; \\ \emptyset, N_{QB} = 0 \end{cases}, TK_r = \begin{cases} \emptyset, N_{CK} = 0, N_{QB} = 0 \\ NK_r, N_{CK} = 0, N_{QB} > 0 \\ \frac{\sum_{i=1}^{N_{CK}} TK_{ri}}{N_{CK}}, N_{CK} > 0, N_{QB} = 0 \\ \frac{\sum_{i=1}^{N_{CK}} TK_{ri} + NK_r}{N_{CK} + 1}, N_{CK} > 0, N_{QB} > 0 \end{cases}$$

где N_{QB} – количество блоков контрольных вопросов, непосредственно связанных с данной учебной целью, на которые ответил обучаемый; K_{ri} – коэффициент правильности ответа обучаемого на i -й блок контрольных вопросов по пятибалльной шкале; TK_{ri} – значение коэффициента TK_r для i -й подцели; N_{CK} – количество таких подцелей данной учебной цели, для которых значение коэффициента TK_{ri} непустое.

Коэффициент NK_r определяет оценку обучаемого по пятибалльной шкале за выполнение текущей учебной цели, а коэффициент TK_r учитывает оценки, полученные за выполнение подцелей.

$$\begin{aligned} PR &= \langle PR_{FM}, \{PR_{GF}\} \rangle, \\ PR_{FM} &= \{PLS_i\}, PR_{GF} = \langle GF, \{PLS_i, GF_{vi}\} \rangle, \\ PLS_i &= \langle LS_i, EVT_{FR}, \{evf_{vi}\}, \{ctc_i\} \rangle, \end{aligned}$$

где PR_{FM} – «частотная карта» учебного пособия; PR_{GF} – профиль учебного пособия на основе целевой функции; GF – целевая функция; PLS_i – профиль элемента обучающего пространства; GF_{vi} – значение целевой функции для данного элемента; LS_i – элемент обучающего пространства; EVT_{FR} – характеристики посещаемости элемента; evf_{vi} – оценка обучаемых по показателю evf ; ctc_i – информация коммуникационного трека, связанная с данным элементом.

Информация о значении целевой функции в сочетании со статистической информацией о посещаемости позволяет определять «узкие места» учебного

пособия.

Разработанная модель автоматизированного учебного пособия позволяет:

- 1) Осуществлять описание пособий в виде обучающего пространства.
- 2) Сохранять информацию о процессе обучения в виде трека обучения.
- 3) На основе обучающего пространства и трека формировать модель текущих знаний, которая показывает успеваемость обучаемого.
- 4) На основе обучающего пространства и трека формировать профиль учебного пособия, предназначенный для выделения «узких мест» учебного пособия.

Однако разработанная модель не позволяет решать такие задачи, как объединение существующих пособий, нахождение различий между пособиями. Для решения этих задач формализованная модель исследуется с использованием теории алгебр.

Вводится отношение эквивалентности для учебных пособий. Два учебных пособия эквивалентны, если эквивалентны их обучающие пространства, треки, множества обучаемых. Соответствие между эквивалентными элементами обучающих пространств, треков, множеств обучаемых устанавливается разработчиком пособия.

Для элементов обучающего пространства, представляющих собой множества и наборы множеств, таких как EM (множество учебных материалов), I (множество внешних источников), DEF (гlossарий), Q (множество контрольных вопросов), LNK (множество внутренних связей), EVT (параметры оценки учебного пособия), устанавливается соответствие между эквивалентными элементами из различных обучающих пространств. Аналогично определяется эквивалентность между профилями обучаемых (UP) и элементами треков (TR).

Для древовидных элементов обучающего пространства LG (дерево учебных целей) и СТ (дерево содержания учебного пособия) устанавливается соответствие между эквивалентными вершинами из различных обучающих пространств. Вершины могут быть признаны эквивалентными, только если они находятся на одном уровне иерархии и их родительские вершины также эквивалентны. Корневые вершины деревьев всегда считаются эквивалентными.

Над учебными пособиями вводятся операции объединения ($\cup$), пересечения ($\cap$), разности ($\setminus$) и симметрической разности (Δ).

Для древовидных элементов обучающего пространства LG (дерево учебных целей) и СТ (дерево содержания учебного пособия) объединение определяется как операция объединения вершин, находящихся на одном уровне иерархии, при этом эквивалентные вершины включаются в объединение только один раз. Таким образом, операция объединения древовидных элементов обучающего пространства представляет собой последовательность операций объединения множеств вершин, находящихся на одном уровне иерархии. Операции над пособиями представляют собой последовательность операций над множествами.

$$ALG_U = \{ CRS, \cup, \cap, \setminus, \Delta, CRS_{\emptyset}, CRS_{UNIV} \}$$

Сигнатура алгебры ALG_U содержит рассмотренные операции. Нулем алгебры является пустое пособие $CRS_{\emptyset}$, а нейтральным элементом – “универсальное” пособие CRS_{UNIV} .

Функцией от учебных пособий назовем функцию, переменные и результат

вычисления которой принадлежат носителю алгебры ALG_U , а операции принадлежат сигнатуре алгебры ALG_U . Наименьшим значением функции является пустое пособие $CRS_{\emptyset}$, а наибольшим – “универсальное” пособие CRS_{UNIV} .

$$CRS_R = (CRS_1 \text{ op } CRS_2), \text{ op} \in \{ \cup, \cap, \setminus, \Delta \},$$

где CRS_R – результирующее пособие; CRS_1 и CRS_2 – переменные, которые также могут быть функциями от учебных пособий; op – операция.

Функцию можно представить в виде двоичного дерева, вершинам которого соответствуют переменные и операции. Такое определение позволяет реализовать универсальный алгоритм вычисления функции от учебных пособий. Свойства операций используются для оптимизации вычисления значений функции.

Алгоритм вычисления функции от учебных пособий включает в себя: ввод функции от учебных пособий в виде двоичного дерева, задание соответствия между эквивалентными элементами пособий, выполнение операций и получение результирующего пособия. С помощью данного алгоритма решаются такие задачи как: получение новых пособий на основе существующих с использованием операций объединения, пересечения, разности и симметрической разности, получение профилей пособия для различных групп обучаемых.

Для реализации модели также разработаны следующие алгоритмы: алгоритм опроса обучаемых с использованием блока контрольных вопросов, алгоритм формирования дерева текущих знаний обучаемого, алгоритм формирования профиля учебного пособия.

Алгоритм опроса обучаемых с использованием блока контрольных вопросов предназначен для формирования блока контрольных вопросов из наборов вопросов, опроса обучаемого и сохранения результатов опроса в треке обучаемого. Алгоритм включает в себя: выбор контрольных вопросов из заданных наборов, опрос обучаемого, проверку правильности ответов, расчет коэффициента правильности ответа на блок контрольных вопросов (K_r), сохранение в треке обучаемого результатов опроса и истории ответов. При выборе вопросов предпочтение отдается тем из них, которые еще не предлагались обучаемому. Информацию о том, какие вопросы уже предлагались обучаемому, алгоритм получает из трека обучаемого.

Алгоритм формирования дерева текущих знаний обучаемого предназначен для формирования дерева текущих знаний на основе обучающего пространства пособия и трека обучаемого. Для каждой учебной цели рассчитываются характеристики, рассмотренные в модели текущих знаний обучаемого. Алгоритм включает в себя: вычисление коэффициентов изученности (KS) и полной изученности (KFS) учебной цели, вычисление коэффициентов NK_r и TK_r для каждой учебной цели.

Алгоритм формирования профиля учебного пособия предназначен для выявления «узких мест» учебного пособия. Алгоритм включает в себя: вычисление значений целевой функции и статистических характеристик для элементов обучающего пространства, сортировку элементов по значениям целевой функции.

На основе рассмотренных моделей и алгоритмов разработана методическая схема создания и использования автоматизированного учебного пособия, которая состоит из пяти этапов.

Первый этап выполняется разработчиком учебного пособия. В результате выполнения этапа формируется модель обучающего пространства учебного пособия.

На втором этапе создаются профили обучаемых и преподавателей.

На третьем этапе обучаемый может просматривать обучающие страницы, осуществлять переходы на внешние источники, отвечать на блоки контрольных вопросов. При работе с блоками вопросов используется алгоритм опроса обучаемых с использованием блока контрольных вопросов. Данные сохраняются в треке обучаемого. Обучаемый может также проводить персонализацию обучающего пространства, закладки сохраняются в профиле обучаемого. В процессе обучения возможна коммуникация между обучаемыми и преподавателями. Результаты сохраняются в коммуникационном треке. Обучаемые могут проводить оценку элементов учебного пособия в соответствии с моделью оценки учебного пособия. Результаты сохраняются в треке учебного пособия.

На четвертом этапе происходит подведение итогов обучения. На основе трека обучаемого и коммуникационного трека формируется модель текущих знаний обучаемого. Для этого используется алгоритм формирования дерева текущих знаний обучаемого.

На пятом этапе производится оценка учебного пособия. На основе трека учебного пособия и коммуникационного трека с использованием соответствующего алгоритма формируется профиль учебного пособия. На основе анализа профиля вырабатываются рекомендации по улучшению учебного пособия.

В третьей главе обосновываются преимущества модели данных XML по сравнению с реляционной моделью для описания учебных пособий, разрабатывается язык описания учебных пособий ECML.

Можно выделить три основных подхода к описанию учебной информации в Web-ориентированных учебных пособиях:

- 1) Для описания учебных материалов используются статические HTML-документы.
- 2) Учебные материалы хранятся в реляционной БД. Документы HTML формируются динамически на основе БД учебных материалов с помощью серверного Web-приложения.
- 3) Для хранения учебных материалов используются документы XML. Документы HTML формируются динамически на основе документов XML с помощью серверного Web-приложения с использованием технологий XSLT и XQuery.

В результате сравнения данных подходов на основании предложенных в диссертации критериев можно сделать вывод о том, что наиболее удобной технологией для реализации модели автоматизированного учебного пособия является технология XML.

Язык описания учебных пособий ECML (Educational Course Markup Language) представляет собой модель автоматизированного учебного пособия, представленную с помощью модели данных XML.

В соответствии с моделью автоматизированного учебного пособия, ECML

включает в себя такие элементы, как элементы описания обучающего пространства учебного пособия, учебных целей и исходных требований к подготовке обучаемого, содержания учебного пособия, учебных материалов, внешних источников, глоссария, наборов и блоков контрольных вопросов, внутренних связей, параметров оценки учебного пособия, профилей обучаемых и преподавателей, треков обучения, текущих знаний обучаемого, профиля учебного пособия. Основные элементы языка ECML представлены на рис. 3.

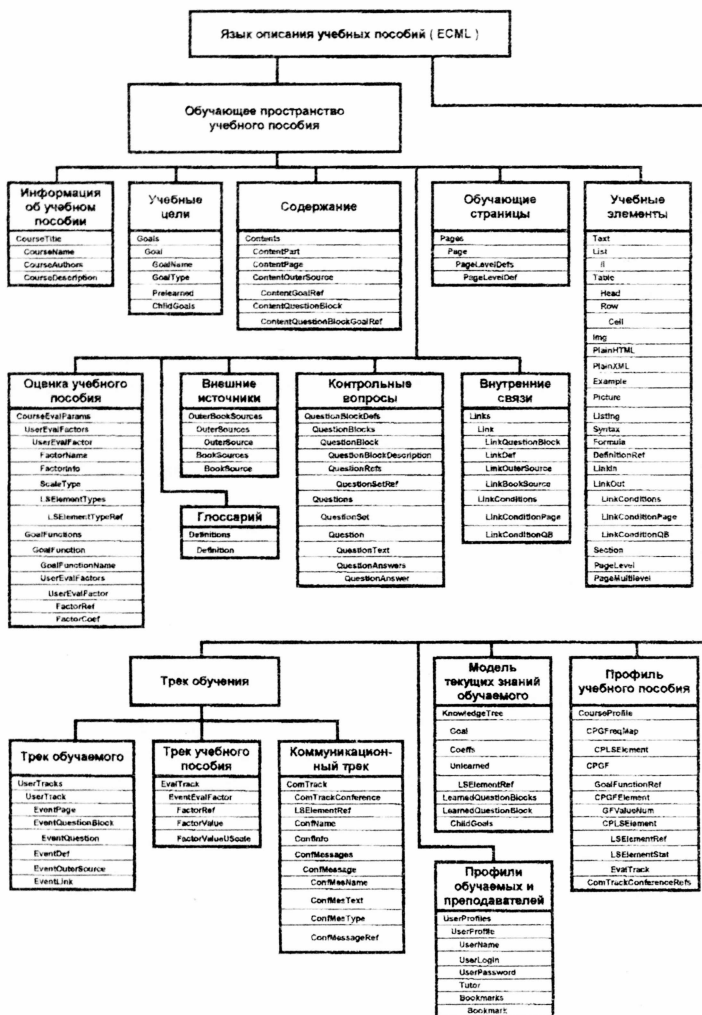


Рис. 3. Основные элементы языка ECML

В четвертой главе разрабатывается программная система создания и просмотра автоматизированных учебных пособий, в которой реализуется методика создания и использования автоматизированного учебного пособия с помощью языка ECML.

С технологической точки зрения, методику создания и использования автоматизированного учебного пособия можно представить как процесс создания и преобразования документов ECML.

Система создания и просмотра автоматизированных учебных пособий состоит из двух подсистем: подсистемы создания пособий и подсистемы просмотра пособий.

Учебное пособие разрабатывается с использованием подсистемы создания пособий. Подсистема просмотра пособий осуществляет формирование треков, модели текущих знаний обучаемого и профиля учебного пособия.

Основная технологическая задача, которая решается в подсистеме создания пособий – ввод учебных материалов и их сохранение в виде документов ECML.

Подсистема создания пособий реализована с использованием Microsoft InfoPath. Разработчик создает учебное пособие путем ввода и редактирования данных с помощью форм ввода. Введенные данные преобразуются в документы в формате ECML.

Основная технологическая задача, которая решается в подсистеме просмотра – преобразование учебных материалов из формата ECML в формат HTML для отображения в браузере.

Подсистема просмотра пособий реализована с использованием Web-технологии. Для реализации подсистемы используется трехзвенная архитектура Web-приложения.

В качестве первого звена (тонкого клиента) используется Web-браузер. Вторым звеном (сервером приложений) является Web-сервер. Web-приложение преобразует учебные материалы в формат HTML с использованием технологий XSLT и XQuery. При этом у пользователя существует возможность изменять внешний вид HTML-документов, применяя различные стили CSS. Третьим звеном является база данных учебных материалов.

Подсистема просмотра пособий реализована на платформе Java на базе сервера Apache Tomcat. Web-приложение реализовано с использованием технологии JSP. Для работы с технологией XSLT использована библиотека Apache Xalan, а для работы с XQuery библиотека Qizx/open.

В пятой главе рассматривается пример разработки учебного пособия «Введение в технологию XML», обучения с использованием данного пособия, формирования моделей текущих знаний обучаемых, выделения недостатков текущей версии пособия.

Результаты апробации показали эффективность применения разработанных модели, методики, языка и системы для создания автоматизированных учебных пособий.

Основные результаты работы

1) Сформулированы обобщенные требования к автоматизированному учебному пособию, которые явились основой для разработки структурной модели автоматизированного учебного пособия.

2) Разработана формализованная модель автоматизированного учебного пособия, включающая подмодели обучающего пространства пособия, трека обучения, текущих знаний обучаемого, профиля учебного пособия.

3) Проведено исследование формализованной модели с использованием теории алгебр. Введены алгебры и функция от учебных пособий, которые позволяют получать новые пособия на основе существующих с помощью операций объединения, пересечения, разности и симметрической разности; получать профили пособия для различных групп обучаемых. Использование алгебраического подхода позволяет решить различные задачи с помощью единого алгоритма вычисления функции от учебных пособий.

4) Созданы алгоритмы опроса обучаемых с использованием блока контрольных вопросов, формирования дерева текущих знаний обучаемого, формирования профиля учебного пособия.

5) Разработана методика создания и использования автоматизированного учебного пособия, включающая разработку учебного пособия, обучение, подведение итогов обучения и оценку учебного пособия.

6) Разработан язык ECML, реализующий формализованное описание пособия в терминах XML. Язык ECML включает элементы, предназначенные для описания обучающего пространства пособия, трека обучения, текущих знаний обучаемого, профиля учебного пособия.

7) Разработана система создания и просмотра автоматизированных учебных пособий, реализующая методику создания и использования автоматизированного учебного пособия с помощью разработанного языка ECML. Система состоит из подсистемы создания пособий, реализованной с использованием Microsoft InfoPath, и подсистемы просмотра пособий, реализованной в виде Web-приложения на платформе Java с использованием технологии Java Server Pages.

8) С использованием системы создания и просмотра автоматизированных учебных пособий разработано пособие «Введение в технологию XML». Проведено обучение с помощью данного пособия, сформированы модели текущих знаний обучаемых, определены недостатки текущей версии пособия. Опытная эксплуатация показала эффективность применения разработанных модели, методики, языка и системы для создания автоматизированных учебных пособий. Результаты работы используются в Главном центре информатизации Банка России, Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана и Московском государственном техническом университете гражданской авиации.

Публикации по теме работы

1. Гапанюк Ю.Е. Основы построения Internet-учебников // 170 лет МГТУ им Н.Э. Баумана: Тез. докл. всерос. научно-технической конференции. – М., 2000. – Ч. 1. – С. 36.
2. Гапанюк Ю.Е. Использование технологии XML для разработки обучающей системы на базе Internet //Гражданская авиация на рубеже веков: Тез. докл. Международной научно-технической конференции. – М., 2001. – С. 228.
3. Гапанюк Ю.Е. Обзор подходов к построению Internet-учебников //Проблемы построения и эксплуатации систем обработки информации и управления: Сб. статей. /Под ред. В.М. Черненкого. – М.: Изд-во ООО «Эликс+», 2001. – Вып.2. – С. 75-80.
4. Гапанюк Ю.Е. Модель описания обучающего пространства автоматизированного учебного курса // Интеллектуальные технологии и системы: Сборник статей аспирантов и студентов. /Сост. и ред. Ю.Н.Филипповича. – М.: Изд-во МГУП, 2002. – Вып.4. – С. 128-141.
5. Гапанюк Ю.Е. Архитектура автоматизированного учебного пособия на основе технологии XML // Информатика и системы управления в XXI веке: Труды молодых ученых, аспирантов и студентов. – М., 2003. – Сборник трудов №1. – С. 195-197.
6. Гапанюк Ю.Е. Язык описания автоматизированных учебных пособий ЕСМІ. // Научный вестник МГТУ ГА. – М., 2004. – № 77 (4). – С. 80-81.
7. Гапанюк Ю.Е. Создание конструктора учебных пособий с использованием Microsoft Office InfoPath //Технологии Microsoft в теории и практике программирования: Тез. докл. Всероссийской научно-технической конференции. – М., 2005. – С. 122.

Принято к исполнению 10/05/2006
Исполнено 11/05/2006

Заказ №384
Тираж: 100 экз.

ООО «11-й ФОРМАТ» ИНН 7726330900
Москва, Варшавское ш., 36
(495) 975-78-56
(495) 747-64-70
www.autoreferat.ru