

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УДК 004.4'2; 004.588; 004.4'272

КАБАК
Елена Владимировна

**МЕТОД И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ
РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ
ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Минск 2009

Работа выполнена в Учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет»

Научный руководитель: **Урбанович Павел Павлович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем и технологий учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты: **Голенков Владимир Васильевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Шибут Марина Станиславовна, кандидат технических наук, директор Центра образовательных технологий Научно-исследовательского института теории и практики государственного управления Академии управления при Президенте Республики Беларусь

Оппонирующая организация: Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет»

Защита состоится 18 июня 2009 г. в 14⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.15.04 при учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, П. Бровки, 6, тел. 293-89-89, dissovet@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Большую роль в современных условиях для развития личности играют различные компьютерные системы обучения (КСО), призванные удовлетворить стремление человека к постоянному совершенствованию, обновлению и расширению приобретаемых им знаний, повышению уровня его профессиональной компетентности. К числу КСО традиционно относятся автоматизированные обучающие системы (АОС), электронные учебники, компьютерные системы тестирования знаний и др.

Однако, несмотря на значительный объем рынка компьютерных систем указанного класса, по-прежнему остается актуальной проблема разработки КСО широкого спектра применения, что обусловлено постоянным изменением требований и совершенствованием технологий их создания.

Многие разработчики не приступают к созданию компьютерных систем обучения, потому что понимают, что самостоятельно им с этой задачей не справиться, а привлечь к этому процессу наиболее квалифицированных специалистов часто оказывается достаточно сложным.

Отечественный и зарубежный опыт в области создания компьютерных систем обучения и специализированных инструментов их проектирования вылился в целый комплекс программных продуктов, ориентированных в первую очередь на профессиональных разработчиков. Это затрудняет участие в разработке КСО специалистов, имеющих минимум знаний в области программирования. По этой причине актуальной становится проблема создания инструментального средства автоматизированного проектирования компьютерных систем обучения, призванного сместить внимание разработчиков с проблемы овладения средством разработки на проблему освоения технологии создания учебного контента (знаний в электронном виде), скрывая технические аспекты реализации этого процесса.

Анализ работ В.А. Вишнякова, В.В. Голенкова, Н.В. Беззубенок, Т.Л. Лемешевой, М.С. Шибут и других авторов выявил, что в основе компьютерных систем обучения и инструментальных средств их проектирования должна лежать четкая модель представления и организации учебного контента, согласуемая с идеей автоматизации процессов его создания и обработки; разработка систем указанного класса должна осуществляться в рамках единого методологического подхода.

Важность проблем совершенствования моделей, методов, алгоритмов создания, обработки, распространения и интеграции учебного контента, а также инструментальных средств проектирования КСО, ориентированных на специалистов разного плана и уровня квалификации, определили цель диссертационной работы, решаемые задачи и методы исследования.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами

Тема кандидатской диссертации «Метод и средства автоматизации разработки компьютерных обучающих программных модулей» соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на период 2006-2010 гг.: «Новые технологии и средства, обеспечивающие функционирование и развитие национальной системы образования и воспитания». Диссертационная работа выполнена на кафедре Информационных систем и технологий Белорусского государственного технологического университета в рамках следующих научно-исследовательских госбюджетных тем: 1) БС 23-043 (№ ГР 20031380) «Компьютерные мультимедийные обучающе-контролирующие программные средства для изучения учащимися средних школ и профтехучилищ вопросов экологической безопасности и устойчивого развития», 2003 г.; 2) ГБ 26-111 (№ ГР 20063591) «Разработать методы и математические модели описания загрязнения окружающей среды в границах выделенной территории на основе проективных геометрий и полей Галуа и на этой базе создать обучающие компьютерные программы для решения задач в инженерной экологии и подготовки специалистов-экологов», 2006 г.; 3) ГБ 27-013 (№ ГР 2007977) «Разработать инструментальное средство автоматизации процессов создания и модификации компьютерных обучающих программ», 2007 г.

Цели и задачи исследования

Целью диссертационного исследования является разработка модели представления и организации учебного контента, метода и алгоритмов его создания, обработки, распространения и интеграции, а также логической архитектуры инструментальных средств автоматизированного проектирования КСО и соответствующего инструментария, ориентированного на широкий круг разработчиков.

Поставленная цель определяет следующие задачи исследования:

1. Провести анализ моделей представления и организации учебного контента, стандартов и спецификаций, новых технологий и перспективных направлений развития электронного обучения, существующих программных средств, используемых для автоматизации проектирования КСО.
2. Разработать модель представления и организации учебного контента, способствующую упрощению его программной обработки и созданию инст-

рументального средства автоматизированного проектирования КСО, ориентированного на широкий круг разработчиков разного уровня квалификации.

3. Разработать метод и алгоритмы создания и использования учебного контента, обеспечивающие возможность его оперативной актуализации и интеграции в различные компьютерные системы обучения.

4. Разработать логическую архитектуру инструментальных средств автоматизированного проектирования КСО, решающую проблему сокращения сроков разработки систем указанного класса.

5. Реализовать инструментальное средство автоматизированного проектирования КСО, ориентированного на широкий круг пользователей разного уровня специальной подготовки.

Объектом исследования являются компьютерные системы обучения и инструментальные средства их автоматизированного проектирования.

Предметом исследования являются модели представления, методы и алгоритмы создания, обработки, распространения и интеграции учебного контента, используемые в компьютерных системах обучения, логическая архитектура и программное обеспечение.

Предполагается, что разработка модели представления и организации учебного контента, а также инструментального средства автоматизированного проектирования КСО, ориентированного на широкий круг специалистов разного уровня специальной подготовки, будет способствовать интенсификации процесса создания компьютерных систем обучения, предназначенных для использования в различных областях человеческой деятельности.

Положения, выносимые на защиту

1. Трехуровневая модель представления и организации учебного контента, ориентированная на автоматизированные процедуры его проектирования, включающая содержательный, формальный и функциональный срезы его описания и отличающаяся от известных моделей методикой структурирования учебных данных и знаний, а также тем, что способствует упрощению программной обработки учебного контента и созданию ориентированных на широкий круг разработчиков инструментальных средств автоматизированного проектирования КСО.

2. Метод и алгоритмы параллельного проектирования фрагментов учебного контента, сущность и отличительная особенность которых заключается в отделении контента от правил его визуализации, функционирования и трансформации и раздельном их хранении, что обеспечивает возможность его оперативной актуализации и интеграции в различные компьютерные системы обучения.

3. Логическая архитектура инструментальных средств автоматизированного проектирования КСО, которая предлагает единый методологический подход к визуальному проектированию программных систем указанного класса и в отличие от известных описывает их организационную структуру и функциональное поведение на высоком уровне детализации, предоставляет возможность своего последующего масштабирования и способствует сокращению сроков разработки специализированного программного инструментария примерно в 1,3–1,5 раза.

4. Инструментальное средство автоматизированного проектирования КСО, реализующее предложенные в диссертации модель, метод, алгоритмы, логическую архитектуру и ориентированное на широкий круг разработчиков разного уровня специальной подготовки.

Личный вклад соискателя

Все результаты и положения, выносимые на защиту, получены автором лично. Научный руководитель принимал участие в постановке задач, определении возможных путей их решения, в предварительном анализе, обсуждении результатов теоретических и практических исследований, проведенных автором самостоятельно. В публикациях с соавторами вклад соискателя определяется рамками излагаемых в диссертационной работе результатов.

Апробация результатов диссертации

Результаты, полученные в ходе выполнения исследований, докладывались и обсуждались на: 57-ой, 58-ой, 59-ой, 60-ой научно-технических конференциях БГУ (Минск, БГУ, 2006, 2007, 2008, 2009); X Республиканской научной конференции студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь «НИРС – 2005» (Минск, БГУИР, 2006); Международной научно-технической конференции «Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов» (Минск, БГУ, 2006); III Международном экологическом симпозиуме в г. Полоцке «Региональные проблемы экологии: пути решения» (Полоцк, ПГУ, 2006); Республиканской научно-практической конференции «Информационные технологии управления в экономике – 2006» (Брест, БрГУ им. А. С. Пушкина, 2006); 5-ой Международной конференции «New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation – 2007» (Польша, Закопане, 2007); Республиканской научно-практической конференции «Инновационные технологии управления в экономике' 2007» (Брест, БрГУ им. А. С. Пушкина, 2007); VI Международной научно-методической конференции «Дистанционное обучение – образо-

вательная среда XXI века» (Минск, БГУИР, 2007), Международной научно-практической конференции «Технологии электронного обучения» (Минск, 2008); 8-ой Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2008 года: экологические проблемы XXI века» (Минск, 2008).

Опубликованность результатов диссертации

Результаты диссертации опубликованы в 25 научных работах, включая 6 статей в рецензируемых журналах, 10 докладов, 9 тезисов докладов. Без соавторов опубликовано 11 работ. Общий объем статей, опубликованных в изданиях, которые рекомендует ВАК Беларуси, составляет 1,8 авторских листа. Результаты работы включены в 3 отчета по НИР.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. **Во введении** определена область исследования, обоснована актуальность диссертационной работы, показаны ее научная новизна и практическая значимость, кратко проанализировано общее состояние проблемы и основные пути ее решения. **Первая глава** содержит анализ научно-технической литературы и постановку задачи диссертационного исследования. **Вторая глава** посвящена описанию модели представления и организации учебного контента. В **третьей главе** предложена логическая архитектура инструментальных средств автоматизированного проектирования компьютерных систем обучения. В **четвертой главе** приведено описание метода и алгоритмов параллельного проектирования фрагментов учебного контента, а также инструментального средства автоматизированного проектирования КСО, представляющее собой программную реализацию разработанной модели, метода, алгоритмов и логической архитектуры. В **заключении** сформулированы основные результаты работы. В **приложениях** приведены модели документов основных учебных объектов и фрагменты исходных текстов инструментального средства автоматизированного проектирования компьютерных систем обучения, а также документы, подтверждающие внедрение результатов диссертационной работы.

Диссертация содержит 101 страницу основного текста, 64 рисунка, расположенных в тексте диссертации, 3 листинга на 4 страницах, 1 таблицу на 1 странице, список использованных источников, насчитывающий 116 наименований и список публикаций соискателя по теме диссертации – 25 наименований, 3 приложения на 28 страницах. Общий объем работы – 156 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 носит аналитический характер. Особое внимание в главе уделено исследованию существующих моделей формального представления знаний в памяти компьютерных систем обучения, описанию которых посвящены работы В.В. Голенкова, Н.В. Беззубенок, М.С. Шибут, А.В. Соловова и других авторов.

Выполнен обзор стандартов, спецификаций, перспективных направлений развития электронного обучения. Исследована проблема применения существующих инструментальных средств автоматизированного проектирования компьютерных систем обучения. Названы преимущества, которые могут быть получены в результате применения на практике для решения поставленных в диссертационной работе задач средств новых информационных технологий. Определены основные функции КСО, научно-методические и научно-технические требования, предъявляемые к указанному классу систем.

Анализ современного состояния разработок в исследуемой области показал, что основные проблемы создания КСО широкого спектра применения заключаются в высоком уровне требований, предъявляемых к ним и к их разработчикам, недостаточном уровне автоматизации процессов проектирования компьютерных систем обучения, оперативной актуализации и интеграции фрагментов учебного материала.

На основании проведенного анализа сформулирована общая задача разработки инструментального средства автоматизированного проектирования КСО, которое с одной стороны должно быть педагогически нейтральным, а с другой стороны должно предоставлять необходимый инструментарий для реализации любого педагогического подхода, не требуя при этом от разработчика обучающей системы специальных знаний из области программирования или навыков работы с другими программными пакетами.

Показано, что для решения поставленной задачи одним из необходимых условий является разработка эффективной модели представления и организации учебного контента, включающей средства его создания, обработки, распространения и интеграции, управления процессами обучения и контроля знаний, которая должна выступить в качестве формальной основы предстоящей работы.

Глава 2 посвящена решению задачи разработки модели представления и организации учебного контента, включающей средства его создания, обработки, распространения и интеграции, управления процессами обучения и контроля знаний.

В диссертационной работе предложена трехуровневая модель представления и организации учебного контента, ориентированная на автоматизи-

зированные процедуры его проектирования, включающая содержательный, формальный и функциональный срезы его описания и отличающаяся от известных моделей методикой структурирования учебных данных и знаний, а также тем, что способствует решению задач упрощения программной обработки учебного контента и создания ориентированных на широкий круг разработчиков инструментальных средств проектирования КСО.

Предлагаемая многослойная организация учебных данных и знаний поддерживает их логическую и физическую независимость, что предполагает возможность интеграции и переноса учебного контента из одних компьютерных систем обучения в другие при сохранении его работоспособности и работоспособности работающих с ним приложений.

Представлено формальное описание структуры учебного контента, выполненное в соответствии с международным стандартом ADL SCORM и основанное на понятии дерева деятельности.

Суть представления знаний в виде дерева деятельности показана на рисунке 1.

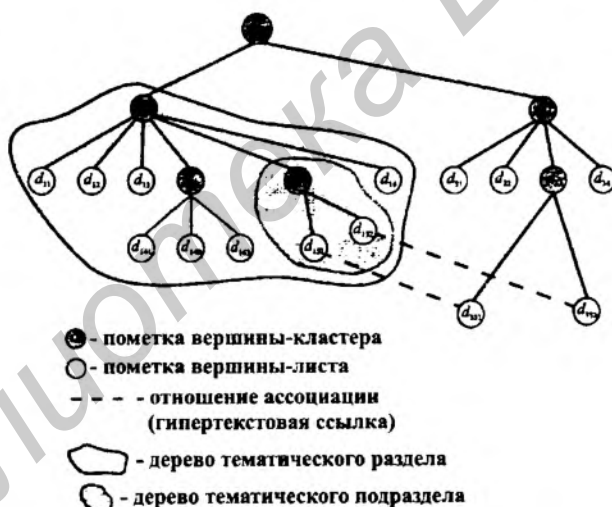


Рисунок 1 – Представление знаний в виде дерева деятельности

Необходимость перехода к способу представления знаний в виде дерева деятельности обусловлена: возможностью сочетать традиционные и формальные методы представления знаний, определять различные способы навигации по структуре учебного курса, осуществлять распространение учебных материалов, выполнять оперативную актуализацию и адаптацию учебного контента к различным целевым аудиториям и компьютерным системам обучения.

Дерево деятельности (ДД) – связный размеченный граф $DD = (D, S)$ без циклов, где D – множество вершин ДД, а S – множество его ребер. Каждая пометка вершины ДД принадлежит множеству типов вершин {«кластер», «лист»}. То есть, $D = K \cup L$, где K – множество кластеров, а L – множество листьев ДД. Разделение вершин по типам обусловлено их различиями в функционировании и в наборе хранимых параметров, используемых при управлении процессом обучения.

Определены типы отношений, действующие на дереве деятельности: *иерархические структурные отношения, отношения ассоциации, просмотровые последовательности.*

Подробно рассмотрены типы вершин дерева деятельности. *Вершина-кластер* – особая форма учебного действия, включающая в свою структуру подчиненные действия. Отсюда следует, что кластер характеризуется возможностью обладать сложной иерархической структурой. Вершина-кластер может быть также использована в случае, если в структуре ДД присутствуют вершины, требующие выполнения определенных условий, и эти условия являются общими для данной совокупности вершин.

Дерево тематического раздела (подраздела) – поддереву DD_K исходного дерева $DD = (D, S)$, в которое входит лишь часть вершин дерева DD , образующих множество K , вместе с ребрами их соединяющими, причем начальной точкой поддерева (корнем) DD_K является вершина с пометкой «кластер».

Вершина-лист – концевая вершина дерева деятельности, содержащая ссылки на физические файлы (файлы учебных страниц, файлы метаданных, файлы дополнительных ресурсов и т. д.) и связывающаяся в случае необходимости с одной или несколькими учебными целями, которые должен достичь обучаемый в процессе обучения. Одной из наиболее важных характеристик листа является его выполнение в контексте родительского элемента.

Формально множество атрибутов вершины-кластера ДД задается кортежем вида $\langle Id, Tit, M, Lim, St \rangle$, где Id – уникальный идентификатор вершины; Tit – текст заголовка; M – множество признаков установки режимов, определяющих порядок обхода потомков кластера; Lim – множество ограничений на доступ к вершине-кластеру (ограничения по количеству попыток изучения темы, по дате и времени и т. д.); St – множество возможных состояний кластера, т. е. $St = (I, R)$, где $I: K \rightarrow \{-1, 0, 1\}$ – отображение изученности, а $R: K \rightarrow \{-1, 0, 1\}$ – отображение активности. Значение «1» соответственно означает, что вершина-кластер изучена (активна); «0» – вершина не изучена (находится в режиме «пауза»), «-1» – к изучению материала, представленного вершиной ДД, обучаемый еще не приступал (вершина «неактивна»). Исполь-

зую текущие значения атрибутов вершин ДД, система управления обучением может изменять в режиме реального времени структуру учебного курса.

В работе приведено описание четырех основных режимов обхода вершины-кластера:

1) «поток» – последовательный обход с возможностью повторения, представимый «линейным графом с элементарными циклами» вида:
 $\rightarrow C_{i-1} \rightarrow C_i \rightarrow C_{i+1} \rightarrow$ и описываемый системой условных предикатов:

$$C_i \rightarrow (p = \text{«повторить»}) C_i / (p = \text{«далее»}) C_{i+1} / (p = \text{«вернуться»}) C_{i-1};$$

2) «только вперед» – режим, обозначающий, что обход кластера возможен только в направлении «вперед»;

3) «выбор» – в этом случае обучаемый может формировать различные последовательности изучения материала;

4) «переход по выбору» – этот режим имеет особое значение при организации нелинейных переходов по темам, входящим в состав курса, и обозначает возможность перехода в режиме «выбор» от текущей вершины к вершинам, не являющимся ее непосредственными потомками.

На рисунке 2 показан пример обхода потомков вершины-кластера.



Рисунок 2 – Пример обхода потомков кластера

Значение свойства изученности играет определяющую роль при оценке возможности перехода от текущей вершины к логически связанной с ней в направлении, заданном значениями признаков установки режимов обхода ее родителя.

Совокупность атрибутов вершины-листа представляет собой кортеж вида: $\langle Id, Tit, M, Lim, St, F, O, Co \rangle$, где атрибуты Id, Tit, M, Lim и St имеют тоже назначение, что и для вершины-кластера (список допустимых режимов M в данном случае сокращен до одного: «переход по выбору»); F – представляет собой множество файлов, связанных с соответствующим листом ДД; O – хранит учебную цель (цели), которая должна быть достигнута в процессе изучения темы курса; Co – хранит уровень сложности материала, представляемого соответствующей вершиной.

Разработана модель подсистемы контроля знаний, основой которой является понятие дерева теста. Идея построения дерева теста во многом схожа с идеей построения дерева деятельности. Основное различие заключается в типе вершин и наборе их атрибутов, значения которых используются для организации непротиворечивого процесса контроля знаний. Модель учитывает основные положения международного стандарта электронного обучения IMS QTI.

Приведен порядок взаимодействия обучаемого с учебным курсом, который показан на рисунке 3.

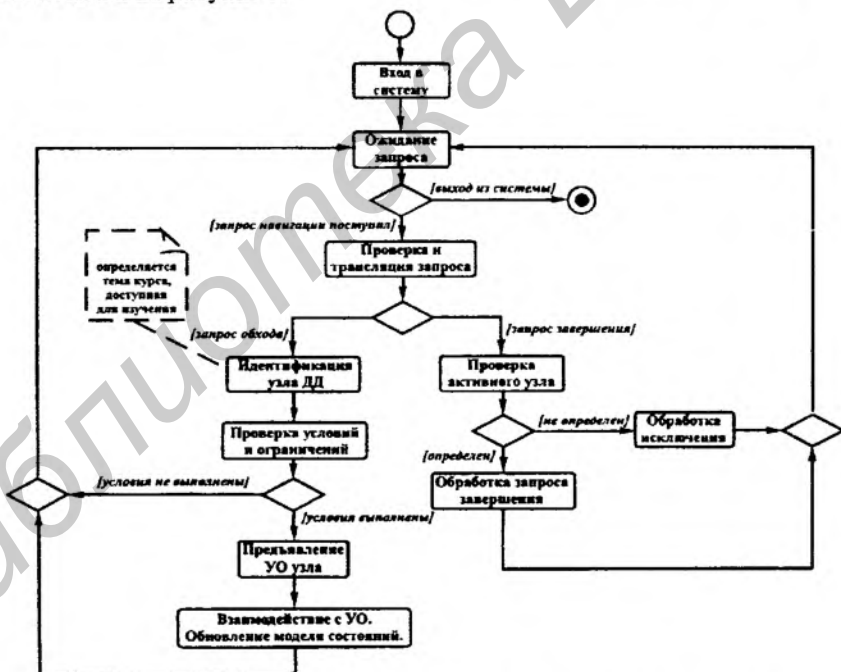


Рисунок 3 – Порядок взаимодействия обучаемого с учебным курсом

Предложен способ структурирования и обмена учебными материалами между различными системами управления обучением, основанный на поня-

тии переносимого пакета контента (ППК). Описан алгоритм формирования ППК, акцент в котором сделан на замене внешних ссылок, указанных для вершин дерева деятельности (дерева теста), внутренними в соответствии со структурой формируемого пакета.

В главе 3 разработана логическая архитектура инструментальных средств автоматизированного проектирования компьютерных систем обучения. Проектирование логической архитектуры выполнено на основе положений объектно-ориентированного подхода с использованием принципа модульности. Для автоматизации проектирования использовано CASE-средство IBM Rational Rose Enterprise Edition 2003. Представленная в диссертационной работе логическая архитектура представляет собой набор UML диаграмм, которые отражают различные не зависящие от времени взаимосвязи между отдельными сущностями проектируемой предметной области, описывают их внутреннюю структуру и внешнее поведение. В качестве основного источника информации для проектирования принято функциональное назначение инструментального средства, представленное в виде диаграмм вариантов использования. Совокупность основных классов, составляющих логическую архитектуру проектируемой системы, представлена на рисунках 4 и 5.

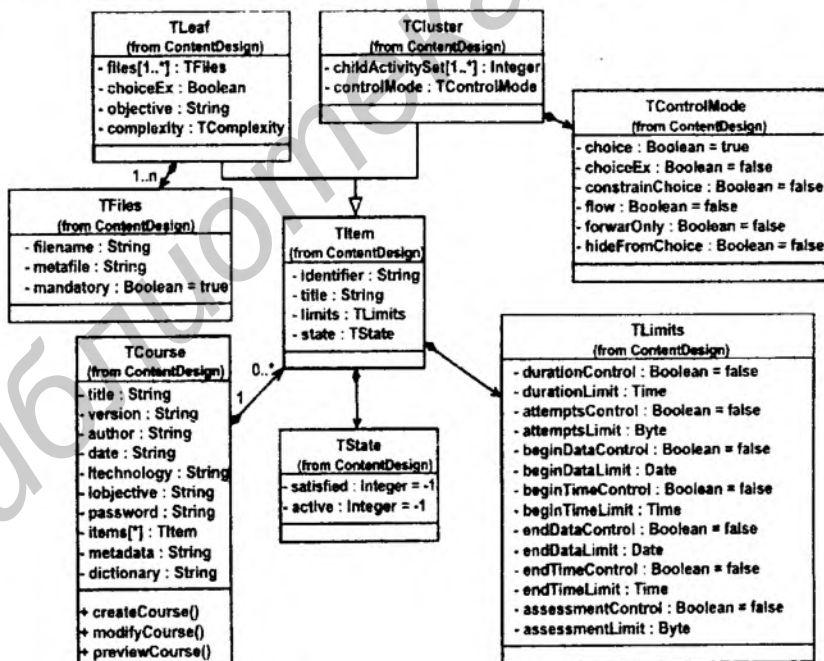


Рисунок 4 – Основные классы подсистемы создания учебных объектов

Следует отметить, что все сущности, введенные в текст диссертационной работы на этапе проектирования логической архитектуры, соответствуют понятиям модели представления и организации учебного контента, предложенной в главе 2.

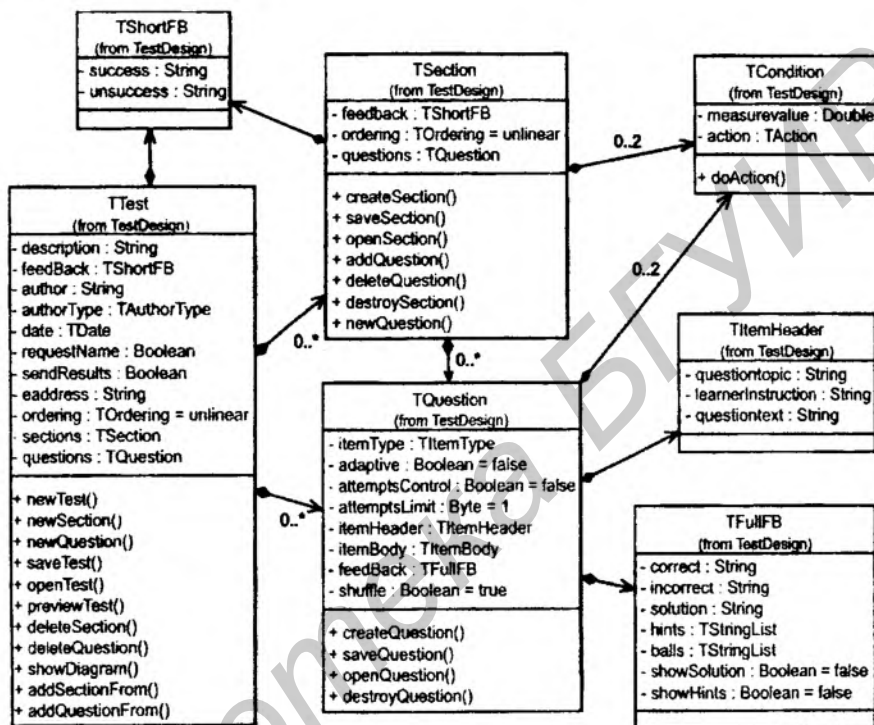


Рисунок 5 – Основные классы подсистемы разработки тестов

Выполнено проектирование структуры документов основных типов учебных объектов в виде деревьев *XML Information Set*, обеспечивающее единый способ представления и передачи учебных знаний. Кроме того, такой метод спецификации структуры контента позволяет организовать контроль корректности содержимого документов учебных объектов с помощью стандартных программных средств и автоматизировать процесс их создания и редактирования.

Предложенная логическая архитектура инструментальных средств автоматизированного проектирования КСО обеспечивает сокращение сроков разработки указанного класса систем примерно в 1,3–1,5 раза и может быть использована разработчиками в том виде, в котором она представлена в данной диссертационной работе либо легко модифицирована, масштабирована и интегрирована в другие логические архитектуры.

Глава 4 содержит результаты практического применения, предложенных в диссертационной работе модели представления и организации учебного контента и логической архитектуры инструментальных средств автоматизированного проектирования компьютерных систем обучения, в виде конкретного программного инструментария (рабочее название «Сфера»).

Одним из преимуществ «Сферы» является то, что она позволяет работать с широким диапазоном файлов. При этом основным рабочим форматом является формат XML, выбранный потому, что наиболее удобен для записи и хранения сложной иерархической информации. Кроме того, «Сфера» реализует метод и алгоритмы параллельного проектирования фрагментов учебного контента, сущность и отличительная особенность которых заключается в отделении и раздельном хранении контента и правил его визуализации, функционирования и трансформации, что обеспечивает возможность его оперативной актуализации и интеграции в различные компьютерные системы обучения, создает предпосылки для сокращения времени управления разработками и увеличения количества работ, результаты которых можно использовать повторно.

Общая схема обработки контента в рамках инструментального средства «Сфера», показана на рисунке 6.

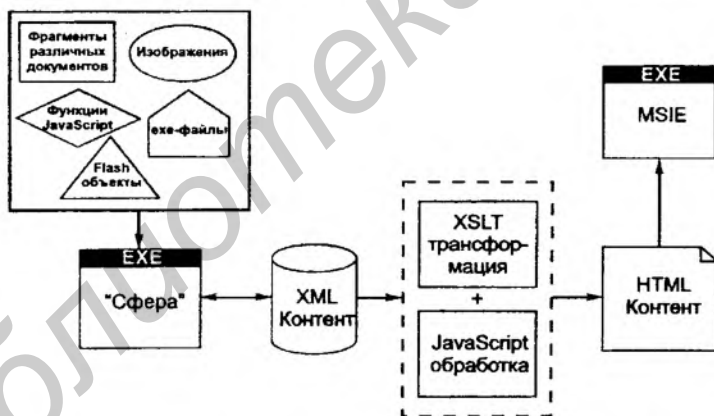


Рисунок 6 – Схема обработки учебного контента инструментом «Сфера»

Приведены результаты апробации системы «Сфера» при разработке программно-методических средств автоматизированного обучения. Большая часть примеров демонстрирует возможности программного средства при разработке учебно-методических материалов, которые используются на кафедре Информационных систем и технологий БГТУ в рамках дисциплины «Информационная безопасность и надежность систем».

Выполнено сравнение разработанного программного средства с существующими аналогами. Результаты сравнения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение с аналогичными разработками

Характеристика	NetOp for Windows	Authorware	ToolBook	Sphere 1.0
Отсутствие необходимости специальной квалификации разработчика (проектировщика) учебного контента	-	-	-	+
Поддержка международных стандартов электронного обучения	+	+	+	+
Возможность создания подсистемы обучения	-	+	+	+
Наличие мастеров создания различных видов учебных объектов	+	+	+	+
Проектирование структуры учебного курса (теста) независимо от его содержания	-	-	+	+
Возможность построения различных сценариев обучения для одной и той же схемы учебного курса (теста)	-	-	*	+
Поддержка средств мультимедиа	+	+	+	+
Возможность создания пользователем шаблонов учебных объектов	-	-	*	+
Многочисленное использование учебных объектов в разных контекстах	-	-	*	+
Учет сложности учебного материала	-	-	*	+
Возможность создания подсистемы контроля знаний	+	+	+	+
Тестовые задания различного типа	+	+	+	+
Сбор, систематизация и выдача по запросу статистической информации о ходе обучения (тестирования)	+	+	*	+
Организация обратной связи	+	+	+	+
Несколько способов проведения оценки знаний	-	*	*	+
Возможность стилистического оформления учебных объектов	+	+	*	+
Полная поддержка модели метаанных	-	-	-	+

Примечание – Символ «+» означает, что возможность реализована, «-» – не реализована, «*» – может быть реализована с помощью дополнительных средств (например, средств программирования).

Ключевой целью проведенного сравнительного анализа, выполненного с точки зрения выявления функциональных возможностей рассматриваемых программных средств, стало определение новых направлений разработки систем указанного класса и акцент на тех из них, которые уже реализованы в «Сфере».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Проведен анализ моделей представления учебного контента, стандартов, новых технологий и перспективных направлений развития электронного обучения, существующих программных средств, используемых для автоматизации проектирования КСО. Анализ предметной области показал, что основная проблема на сегодняшний день состоит в недостаточном уровне автоматизации создания компьютерных систем обучения, пренебрежении отечественными разработчиками международными стандартами электронного обучения, ограниченном использовании средств новых информационных технологий [1-А, 3-А, 7-А-9-А, 12-А-20-А, 23-А, 24-А].

2. Разработана трехуровневая модель представления и организации учебного контента, ориентированная на автоматизированные процедуры его проектирования, включающая содержательный, формальный и функциональный срезы его описания и отличающаяся от известных моделей методикой структурирования учебных данных и знаний, а также тем, что способствует упрощению программной обработки учебного контента и созданию ориентированных на широкий круг разработчиков инструментальных средств автоматизированного проектирования КСО [4-А, 5-А, 10-А, 21-А]. Предлагаемая многослойная организация учебных данных и знаний поддерживает их логическую и физическую независимость, что предполагает возможность интеграции и переноса учебного контента из одних компьютерных систем обучения в другие при сохранении его работоспособности и работоспособности работающих с ним приложений.

3. Предложен метод и алгоритмы параллельного проектирования фрагментов учебного контента, сущность и отличительная особенность которых заключается в отделении контента от правил его визуализации, функционирования и трансформации и раздельном их хранении, что обеспечивает возможность его оперативной актуализации и интеграции в различные компьютерные системы обучения.

4. Разработана логическая архитектура инструментальных средств автоматизированного проектирования КСО, которая предлагает единый методологический подход к визуальному проектированию программных систем указанного класса и в отличие от известных описывает их организационную структуру и функциональное поведение на высоком уровне детализации, предоставляет возможность своего последующего масштабирования и способствует сокращению сроков разработки специализированного программного инструментария примерно в 1,3-1,5 раза [2-А, 11-А].

5. Выполнено проектирование структуры документов основных типов учебных объектов в виде деревьев *XML Information Set*, обеспечивающее единый способ представления и передачи знаний, возможность эффективной интеграции учебных материалов, разработанных с помощью различных программных инструментальных средств.

6. Разработано инструментальное средство автоматизированного проектирования КСО, реализующее предложенные в диссертации модель, метод, алгоритмы и логическую архитектуру и ориентированное на широкий круг разработчиков разного уровня специальной подготовки [2-А, 6-А-7-А, 16-А, 22-А, 25-А]. Инструментарий реализует открытые спецификации на форматы данных для обеспечения возможности переноса учебных знаний и совместной работы по созданию фрагментов учебных материалов с помощью других прикладных систем; поддерживает возможность создания учебных объектов, не требующих дополнительной публикации, обладающих такими характеристиками, как модульность, возможность повторного использования, интерактивность, возможность оперативной адаптации контента в реальном масштабе времени, интероперабельность.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационного исследования, сертифицированы Министерством образования Республики Беларусь, внедрены и используются в учебных заведениях системы высшего и среднего образования в виде: инструментального средства автоматизированного проектирования компьютерных систем обучения «Сфера» (акт №14 от 03.12.2008), мультимедийных обучающе-контролирующих программных средств для изучения учащимися средних школ и профтехучилищ вопросов экологической безопасности и устойчивого развития «Природные ресурсы Земли», «Человек и мир» (акт от 20.01.2006, акт №9 от 12.02.2008, справка от 15.09.2006, справки от 21.09.2006), «Мультимедийная экологическая общеобразовательная энциклопедия Беларуси для школьников, студентов ВУЗов и ССУЗов «Природные ресурсы Беларуси. Их состояние и охрана. Часть I» (акт №15 от 03.12.2008).

Инструментальное средство автоматизированного проектирования компьютерных систем обучения «Сфера» используется на кафедре Информационных систем и технологий учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» для создания программно-методических средств по различным естественнонаучным дисциплинам.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в научных журналах

1-А. Романцевич¹, Е.В. Проблемы и приоритетные направления разработки системы автоматизированного проектирования и создания компьютерных средств обучения / Е.В. Романцевич // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информ. – 2006. – Вып. XIV. – С. 171–173.

2-А. Романцевич, Е.В. Особенности программной реализации системы автоматизированной разработки компьютерных обучающих программ «Сфера» / Е.В. Романцевич // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информ. – 2007. – Вып. XV. – С. 143–146.

3-А. Брусенцова, Т.П. Особенности разработки мультимедийного комплекса «Экологическая энциклопедия Беларуси» / Т.П. Брусенцова, Т.В. Кишкурно, Л.С. Мороз, Е.В. Романцевич // Труды БГТУ. Сер. IX, Изд. дело и полиграф. – 2007. – Вып. XV. – С. 138–140.

4-А. Brakovich, A.I. Modeling and the processes analysis in engineering ecology / A.I. Brakovich, V.L. Kolesnikov, A.V. Romantsevich, P.P. Urbanovich, I.M. Zharsky // Przegląd Elektrotechniczny, Special topic: New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation – NEET'2007. – 2008. – № 3. – P. 155–157.

5-А. Кабак, Е.В. Информационная модель организации учебного контента системы автоматизированного создания и модификации компьютерных средств обучения / Е.В. Кабак // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информ. – 2008. – Вып. XVI. – С. 141–144.

6-А. Кабак, Е.В. Программное средство автоматизации создания компьютерных учебников для технических вузов / Е.В. Кабак, Н.П. Коровкина, Н.Н. Пустовалова // Высшая школа. – 2008. – № 4. – С. 78–80.

Статьи в материалах научных конференций

7-А. Урбанович, П.П. Инструментальные средства разработки автоматизированных обучающих систем и их место в управлении учебным процессом / П.П. Урбанович, Е.В. Романцевич // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 6–8 июня 2006 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; под ред. И.М. Жарского. – Минск, 2006. – С. 189–191.

¹ девичья фамилия Кабак Е. В.

8-А. Брусенцова, Т.П. Использование мультимедийных технологий при создании компьютерных тестирующих программ для школьников / Т.П. Брусенцова, Т.В. Кишкурно, Е.В. Романцевич // Актуальные проблемы информатики и информационных технологий: материалы X Междунар. научн.-практ. конф., Тамбов, 7–8 сент. 2006 г. / Федеральное агенство по образ., Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина; под ред. М.С. Чванова, Е.В. Максимушкина. – Тамбов, 2006. – С. 173–175.

9-А. Мороз, Л.С. Мультимедийные программные средства в экологическом образовании и воспитании / Л.С. Мороз, Е.В. Романцевич // Инновационные технологии управления в экономике' 2007: материалы респ. науч.-практ. конф., Брест, 24–25 апр. 2007 г. / Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина; под общ. ред. канд. физ.-мат. наук С.А. Тузика; редкол.: И.В. Белько [и др.]. – Брест, 2007 г. – С. 186–188.

10-А. Кабак, Е.В. Информационная модель организации учебного контента / Е.В. Кабак // Технологии электронного обучения в современном ВУЗе: тезисы докладов Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 13–15 мая 2008 г. / Минск. фил-л МЭСИ; под общ. ред. Г.В. Новикова. – Минск, 2008. – С.71–73.

11-А. Кабак, Е.В. Программная архитектура инструментальной среды автоматизации разработки и модификации КСО / Е.В. Кабак // Технологии электронного обучения в современном ВУЗе: тезисы докладов Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 13–15 мая 2008 г. / Минск. фил-л МЭСИ под общ. ред. Г. В. Новикова. – Минск, 2008. – С.74–76.

12-А. Коровкина, Н.П. Особенности методов и содержания обучения при использовании электронных пособий / Н.П. Коровкина, В.И. Горошко, Е.В. Кабак, Н.Н. Пустовалова / Технологии электронного обучения в современном ВУЗе: тезисы докладов Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 13–15 мая 2008 г. / Минск. фил-л МЭСИ; под общ. ред. Г.В. Новикова. – Минск, 2008. – С.199–201.

Тезисы докладов в материалах научных конференций

13-А. Кабак, В.В. Обучающий сайт по языку Java Script / В.В. Кабак, Е.В. Романцевич // 42-я научн.-практ. конф. учащихся и студентов МГВРК: сб. тез. докл., Минск, 22–27 апр. 2002 г. / Министерство образования РБ, учреждение образования «МГВРК»; под ред. доц. С.Н. Анкуды. – Минск, 2002. – С. 182.

14-А. Романцевич, Е.В. Использование технологии Macromedia Flash для создания программного мультимедийного учебного средства «Природные ресурсы Земли» / Е.В. Романцевич // 55-я студ. научн.-техн. конф.: мате-

риаты докладов, Минск, 26–30 апр. 2004 г.: в 3 ч. / Белорус. гос. технол. ун-т; под ред. И.М. Жарского. – Минск, 2004. – Ч. 3. – С. 266.

15-А. Романцевич, Е.В. Использование технологии Macromedia Flash для создания программных средств тестового контроля знаний / Е.В. Романцевич // 56-я студ. научн.-техн. конф.: материалы докладов, Минск, 11–16 апр. 2005 г. : в 3 ч. / Белорус. гос. технол. ун-т; под ред. И.М. Жарского. – Минск, 2005. – Ч. 2. – С. 323.

16-А. Романцевич, Е.В. Разработка систем автоматизированного проектирования компьютерных обучающих программ / Е.В. Романцевич, П.П. Урбанович // «НИРС-2005»: сб. тезисов докладов X Респ. науч. конф. студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь, Минск, 14–16 февр., 2006 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники; редкол.: С.К. Рахманов [и др.]. – Минск, 2006. – С. 147–148.

17-А. Романцевич, Е.В. Проблемы разработки системы автоматизированного проектирования, создания и модификации компьютерных средств обучения / Е.В. Романцевич // Информационные технологии управления в экономике – 2006: материалы респ. науч.-практ. конф., Брест, 25–26 апр. 2006 г. / Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина; Брест. фил. гос. учреждения образования «Фак. повышения квалификации по приклад. мат. и ЭВМ» Бел. гос. ун-та; под общ. ред. С.А. Тузика. – Брест, 2006. – С. 55.

18-А. Романцевич, Е.В. Роль мультимедийных программных средств обучения в экологическом образовании и воспитании / Е.В. Романцевич // Региональные проблемы экологии: пути решения: тезисы докладов III Междунар. эколог. симпозиума, Полоцк, 14–15 сент. 2006 г.: в 2 т. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: Н. Л. Белорусова [и др.]. – Полоцк, 2006. – Т. 1. – С. 346–347.

19-А. Романцевич, Е.В. Проблемы создания инструментального средства разработки автоматизированных обучающих систем / Е.В. Романцевич // Региональные проблемы экологии: пути решения: тезисы докладов III Междунар. эколог. симпозиума, Полоцк, 14–15 сент. 2006 г. : в 2 т. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: Н.Л. Белорусова [и др.]. – Полоцк, 2006. – Т. 1. – С. 347–348.

20-А. Урбанович, П.П. Мультимедийные компьютерные тестирующие программы – эффективное средство контроля знаний по экологии / П.П. Урбанович, Т.В. Кишкурно, Т.П. Брусенцова, Е.В. Романцевич // Региональные проблемы экологии: пути решения: тезисы докладов III Международного экологического симпозиума, Полоцк, 14–15 сент. 2006 г.: в 2 т. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: Н.Л. Белорусова [и др.] – Полоцк, 2006. – Т. 1. – С. 342–343.

21-А. Brakovich, A.I. Modeling and the Processes Analysis in Engineering Ecology / A.I. Brakovich, V.L. Kolesnikov, A.V. Romantsevich, P.P. Urbanovich, I.M. Zharsky // New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial

Implementation – NEET' 2007: proc. of the 5-th Intern. conf., Zakopane, Poland, 12–15 June; ed. T. Kołtunowicz. – Lublin, 2007. – P. 98.

22-А. Романцевич, Е.В. Инструментальная среда автоматизированного создания и модификации компьютерных обучающих программ / Е.В. Романцевич // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы VI Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 22–23 нояб. 2007 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники; отв. за вып. С.И. Городко. – Минск, 2007. – С. 329–330.

23-А. Урбанович, П.П. Мультимедийный комплекс «Экологическая энциклопедия Беларуси». Аспекты программной реализации / П.П. Урбанович, Е.В. Кабак, Т.В. Кишкурно, Т.П. Брусенцова, Л.С. Мороз // Сахаровские чтения 2008 года: экологические проблемы XXI века: материалы 8-ой Междунар. науч. конф., Минск, 22–23 мая 2008 г. / Мин. гос. эколог. ун-т им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса, С.Б. Мельнова, С.С. Позняка. – Минск, 2008. – С. 329.

24-А. Урбанович, П.П. Мультимедийный программный комплекс «Экологическая энциклопедия Беларуси» – средство формирования экологической грамотности / П.П. Урбанович, Е.В. Кабак, Т.В. Кишкурно, Т.П. Брусенцова, Л.С. Мороз // Сахаровские чтения 2008 года: экологические проблемы XXI века: материалы 8-ой Междунар. науч. конф., Минск, 22–23 мая 2008 г. / Мин. гос. эколог. ун-т им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса, С.Б. Мельнова, С.С. Позняка. – Минск, 2008. – С. 330.

25-А. Урбанович, П.П. Универсальная система автоматизированного проектирования компьютерных обучающих программ / П.П. Урбанович, Е.В. Кабак // Сахаровские чтения 2008 года: экологические проблемы XXI века: материалы 8-ой Междунар. науч. конф., Минск, 22–23 мая 2008 г. / Мин. гос. эколог. ун-т им. А.Д. Сахарова; под ред. С.П. Кундаса, С.Б. Мельнова, С.С. Позняка. – Минск, 2008. – С. 328.

МЕТАД І СРОДКІ АЎТАМАТЫЗАЦЫІ РАСПРАЦОЎКІ КАМП'ЮТЭРНЫХ НАВУЧАЛЬНЫХ ПРАГРАМНЫХ МОДУЛЯЎ

Ключавыя словы: камп'ютэрная сістэма навучання (КСН), мадэль прадстаўлення ведаў, лагічная архітэктурна, інструментальны сродак аўтаматызацыі праектавання КСН.

Мэта працы: распрацоўка мадэлі прадстаўлення і арганізацыі вучэбнага кантэнту, метаду і алгарытмаў яго стварэння, апрацоўкі, распаўсюджвання і інтэграцыі, а таксама лагічнай архітэктурны інструментальных сродкаў аўтаматызаванага праектавання КСН і адпаведнага інструментарыю, арыентаванага на шырокае кола распрацоўшчыкаў.

Атрыманая вынікі і іх навізна. Распрацавана трохузроўневая мадэль прадстаўлення і арганізацыі вучэбнага кантэнту, арыентаваная на аўтаматызаваныя працэдурны праектавання, якая ўключае змястоўны, фармальны і функцыянальны зрэзы яго апісання і адрозніваецца ад вядомых мадэляў метадыкай структуравання вучэбных даных і ведаў, а таксама тым, што спрыяе спрашчэнню праграмнай апрацоўкі вучэбнага кантэнту і стварэнню арыентаваных на шырокае кола распрацоўшчыкаў інструментальных сродкаў аўтаматызаванага праектавання КСН. Прапанаваны метады і алгарытмы паралельнага праектавання фрагментаў вучэбнага кантэнту, сутнасць і адметная асаблівасць якіх заключаецца ў аддзяленні кантэнту ад правілаў яго візуалізацыі, функцыянавання і трансфармацыі і асобным іх захаванні, што забяспечвае магчымасць яго аператыўнай актуалізацыі і інтэграцыі ў розныя камп'ютэрныя сістэмы навучання. Распрацавана лагічная архітэктурна інструментальных сродкаў аўтаматызаванага праектавання КСН, якая прапануе адзіны метадалагічны падыход да візуальнага праектавання праграмных сістэм азначанага класа і ў адрозненне ад вядомых апісвае іх арганізацыйную структуру і функцыянальныя паводзіны на высокім узроўні дэталізацыі, прадстаўляе магчымасць свайго далейшага маштабавання і спрыяе скарачэнню тэрмінаў распрацоўкі спецыялізаванага праграмнага інструментарыю прыкладна ў 1,3–1,5 разу. Распрацаваны інструментальны сродак аўтаматызаванага праектавання КСН, які рэалізуе прапанаваны ў дысертацыі мадэль, метады, алгарытмы і лагічную архітэктурна.

Навуковыя вынікі дысертацыйнай працы ўкаранёныя і выкарыстоўваюцца ў шэрагу сярэдніх, сярэдніх спецыяльных і вышэйшых навучальных устаноў Рэспублікі Беларусь.

**МЕТОД И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ
КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ**

Ключевые слова: компьютерная система обучения (КСО), модель представления знаний, логическая архитектура, инструментальное средство автоматизированного проектирования КСО.

Цель работы: разработка модели представления и организации учебного контента, метода и алгоритмов его создания, обработки, распространения и интеграции, а также логической архитектуры инструментальных средств автоматизированного проектирования КСО и соответствующего инструментария, ориентированного на широкий круг разработчиков.

Полученные результаты и их новизна. Разработана трехуровневая модель представления и организации учебного контента, ориентированная на автоматизированные процедуры его проектирования, включающая содержательный, формальный и функциональный срезы его описания и отличающаяся от известных моделей методикой структурирования учебных данных и знаний, а также тем, что способствует упрощению программной обработки учебного контента и созданию ориентированных на широкий круг разработчиков инструментальных средств автоматизированного проектирования КСО. Предложен метод и алгоритмы параллельного проектирования фрагментов учебного контента, сущность и отличительная особенность которых заключается в отделении контента от правил его визуализации, функционирования и трансформации и раздельном их хранении, что обеспечивает возможность его оперативной актуализации и интеграции в различные компьютерные системы обучения. Разработана логическая архитектура инструментальных средств автоматизированного проектирования КСО, которая предлагает единый методологический подход к визуальному проектированию программных систем указанного класса и в отличие от известных описывает их организационную структуру и функциональное поведение на высоком уровне детализации, предоставляет возможность своего последующего масштабирования и способствует сокращению сроков разработки специализированного программного инструментария примерно в 1,3–1,5 раза. Разработано инструментальное средство автоматизированного проектирования КСО, реализующее предложенные в диссертации модель, метод, алгоритмы и логическую архитектуру.

Результаты диссертационной работы внедрены и используются в средних, средних специальных и высших учебных заведениях Республики Беларусь.

SUMMARY

Kabak Alena Vladimirovna

METHOD AND TOOLS OF COMPUTER TUTORING PROGRAM MODULES COMPUTER-AIDED ENGINEERING

Keywords: computer tutoring system (CTS), model of knowledge representation, logic architecture and program tool of CTS computer-aided engineering.

The purpose of the work: development of model of representation and organization of educational content, a method and algorithms of its creation, processing, distribution and integration, and also a logic architecture of program tools of CTS computer-aided engineering and the corresponding toolkit focused on a wide range of developers.

The received results and their novelty. The three-level model of representation and organization of educational content is developed. The model focused on the computer-aided procedures of a content designing and involves substantial, formal and functional cuts of description of educational content. It differs from known models by a technique of structurization of educational data and knowledge, and also promotes a simplification of program processing of educational content and creation of CTS computer-aided engineering tool focused on a wide range of developers.

The method and algorithms of parallel designing of educational content fragments are offered. Their essence and distinctive feature consist of content separating from rules of its visualization, functioning and transformation and their separate storage that provides a possibility of its operative actualization and integration into various computer tutoring systems.

The logic architecture of CTS computer-aided engineering tool is developed. It offers an uniform methodological approach to visual designing of program systems of specified class and unlike the known ones describes an organizational structure and functional behavior of these systems at a high level of detailed elaboration, gives the possibility of subsequent scaling and promotes a reduction of terms of specialized tools engineering approximately in 1,3–1,5 times.

The program tool of CTS computer-aided engineering is developed. This tool realizes the model, the method, algorithms and the logic architecture which are offered in the dissertation.

Results of the dissertation are introduced and used in a number of secondary, specialized secondary and higher educational institutions of the Republic of Belarus.

Научное издание

КАБАК Елена Владимировна

**МЕТОД И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ
КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ**

**Специальность 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей**

АВТОРЕФЕРАТ

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

Подписано в печать	08.05.2009.	Формат 60x84 ¹ / ₁₆ .	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.		Усл. печ. л. 1,63.
Уч.-изд. л. 1,4.	Тираж 60 экз.		Заказ 312.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровка, 6.